Historic, Archive Document

Do not assume content reflects current scientific knowledge, policies, or practices.

LIBRARY
OF THE
UNITED STATES
DEPARTMENT OF AGRICULTURE
Class 474
Book N213
v. 8
8—1577

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte
der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben

von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Achter Jahrgang 1920

BERLIN
Verlag von Julius Springer
1920

170675

Originalaufsätze und Berichte.

Allgemeines.

Brahm, C., Über das Brot in Krieg und Frieden. S. 821.
Goldschmidt, Victor, Zwischen zwei Zeitaltern. S. 691.
Herr, O., IX. Jahreskonferenz für Naturdenkmalpflege. S. 132.
Kraepelin, Emil, Arbeitspsychologie. S. 855.
Kries, J. v., Über die zwingende und eindeutige Bestimmtheit des physikalischen Weltbildes. S. 237.
Külz, L., Vernunft und Widersinn in der Eigenhygiene der Naturvölker. S. 736.
Petersen, Hans, Vorgänge und Zustände und ihre Ableitung auseinander. S. 943.
Reichenbach, Hans, Die physikalischen Voraussetzungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung. S. 46.
— Philosophische Kritik der Wahrscheinlichkeitsrechnung. S. 146.
Riebesell, P., Die Mathematik und die Naturwissenschaften in Spenglers „Untergang des Abendlandes". S. 507.
Schlick, Moritz, Naturphilosophische Betrachtungen über das Kausalprinzip. S. 461.

Biologisches.

Allgemeine Biologie.

Barfurth, Dietrich, Wilhelm Roux zum siebzigsten Geburtstage. S. 431.
Bauer, Erwin, Die Definition des Lebewesens auf Grund seiner thermodynamischen Eigenschaften und die daraus folgenden biologischen Grundprinzipien. S. 338.
Braus, H., Wilhelm Roux und die Anatomie. S. 435.
Buchner, Paul, Richard Hertwig und die Lehre von den Chromidien und dem Chromatindualismus. S. 774.
Buder, Johannes, Aus der Biologie der Purpurbakterien. S. 260.
Doflein, Franz, Richard Hertwig zum siebzigsten Geburtstag, 23. September 1920. S. 767.
Driesch, Hans, Wilhelm Roux als Theoretiker. S. 446.
Fischer, Hugo, Pflanzenmetamorphose und Abstammungslehre. S. 268.
Frisch, K. v., Richard Hertwigs Lehrbuch der Zoologie. S. 782.
Goldschmidt, Richard, Otto Bütschli 1848—1920. S. 543.
— Richard Hertwig und die experimentelle Zoologie. S. 771.
Gutherz, S., Geschlecht und Zellstruktur. S. 878.
Hamburger, Clara, Otto Bütschli als Protozoenforscher. S. 559.
— Veröffentlichungen von Otto Bütschli. S. 567.
Hartmann, Max, Otto Bütschli und das Befruchtungs- und Todproblem. S. 555.
Hess, C. v., Neues zur Frage nach einem Farbensinne bei den Bienen. S. 927.
Kammerer, Paul, Dunkeltiere im Licht und Lichttiere im Dunkel. S. 28.
Koehler, Otto, Richard Hertwigs Kleines zoologisches Praktikum. S. 780.
Kranichfeld, Hermann, Eine Erneuerung der Darwinschen Zufallstheorie. S. 397.
Küster, E., Botanische Betrachtungen über entwicklungsmechanische Begriffe. S. 453.
Magnus, Georg, Die Lehre von der funktionellen Anpassung in der Orthopädie. S. 451.
Meyer, Fritz Jürgen, Die Lichtphysiologie der Pflanzen. S. 842.
Meyer, Hans Horst, Die Wärmeregulation im menschlichen Körper. S. 751.
Nachtsheim, Hans, Richard Hertwigs Untersuchungen über das Nervensystem und die Sinnesorgane der Medusen. S. 776.
Oppenheimer, Carl, Der Mensch als Kraftmaschine. S. 64.
Petersen, Hans, Vorgänge und Zustände und ihre Ableitung auseinander. S. 943.
Pringsheim, Ernst G., Symbiose bei Bakterien. S. 101.
Przibram, Karl, Form und Geschwindigkeit. Ein Beitrag zur allgemeinen Morphologie. S. 103.
Pütter, A., Zur Physiologie der Lebensdauer. S. 201.
— Ein Wachstumsgesetz. S. 402.
— Das Gesetz der Reizschwelle. S. 501.
— Der Nachweis der Verjüngung. S. 948.
Rhumbler, L., Otto Bütschlis Wabentheorie. S. 549.
Romeis, B., Der Einfluß innersekretorischer Organe auf Wachstum und Entwicklung von Froschlarven. S. 860.

Spek, Josef, Über Bütschlis Erklärung der karyokinetischen Figur. S. 561.
Spemann, H., Wilhelm Roux als Experimentator. S. 443.
Stieve, H., Verjüngung durch experimentelle Neubelebung der alternden Pubertätsdrüse von E. Steinach. S. 643.
— Die inkretorische Tätigkeit der Keimdrüsen und ihr Einfluß auf die Gestaltung des Körpers. S. 895.
Ubisch, G. v., Anwendung der Vererbungsgesetze auf die Kulturpflanzen. S. 293.
Wachs, Horst, Die Formen der Fortpflanzung im Tierreich und ihre Beziehungen zu Organisation und Lebensweise. S. 317.
Warburg, Otto, Über die Reduktion der Salpetersäure in grünen Zellen. S. 594.
Wetzel, G., Übersicht der wichtigsten Publikationen von Wilhelm Roux. S. 457.
Zimmer, C., Richard Hertwig und der biologische Unterricht an den höheren Lehranstalten. S. 778.

Botanik.

André, Hans, Über die teleologische und kausale Deutung der Jahresringbildung des Stammes. S. 998, 1021.
Czapek, Friedrich, Die organische Ernährung bei höheren grünen Pflanzen. S. 226.
Ereky, K., Die Steigerungsmöglichkeiten der landwirtschaftlichen Lebensmittelproduktion. S. 1033.
Fischer, Hugo, Pflanzenmetamorphose und Abstammungslehre. S. 268.
— Pflanzenwuchs und Kohlensäure. S. 413.
Gerhardt, Karl, Die Exkretion und ihre Bedeutung im Leben der Pflanze. S. 41.
Goebel, K., Ernst Stahl zum Gedächtnis. S. 141.
Guttenberg, Hermann v., Der heutige Stand der Statolithentheorie des Geotropismus. S. 571
Küster, E., Botanische Betrachtungen über entwicklungsmechanische Begriffe. S. 453.
Meyer, Fritz Jürgen, Die Lichtphysiologie der Pflanzen. S. 842.
Schröder, Bruno, Über Seebälle. S. 799.
Ubisch, G. v., Anwendung der Vererbungsgesetze auf die Kulturpflanzen. S. 293.

Zoologie.

Braun, Fritz, Über die Entwicklung der artlich verschiedenen Vogellieder. S. 804.
Buchner, Paul, Richard Hertwig und die Lehre von den Chromidien und dem Chromatindualismus. S. 774.
Doflein, Franz, Richard Hertwig zum siebzigsten Geburtstag, 23. September 1920. S. 767.
Eckstein, Karl, Die biologischen Ergebnisse der Wildmarkierung. S. 681.
Ereky, K., Die Steigerungsmöglichkeiten der landwirtschaftlichen Lebensmittelproduktion. S. 1033.
Freundlich, H., Otto Bütschli als Kolloidchemiker. S. 562.
Frisch, K. v., Richard Hertwigs Lehrbuch der Zoologie. S. 782.
Fritsche, E., Die Dasselfliegen des Rindes und ihre wirtschaftliche Bedeutung. S. 523.
Goldschmidt, Richard, Otto Bütschli 1848—1920. S. 543.
— Richard Hertwig und die experimentelle Zoologie. S. 771.
Goldschmidt, V., Otto Bütschlis Verhältnis zur Kristallographie und Mineralogie. S. 564.
Gutherz, S., Geschlecht und Zellstruktur. S. 878.
Hamburger, Clara, Otto Bütschli als Protozoenforscher. S. 559.
— Veröffentlichungen von Otto Bütschli. S. 567.
Hartmann, Max, Otto Bütschli und das Befruchtungs- und Todproblem. S. 555.
Hess, C. v., Die Grenzen der Sichtbarkeit des Spektrums in der Tierreihe. S. 197.
— Neues zur Frage nach einem Farbensinne bei den Bienen. S. 927.
Koehler, Otto, Richard Hertwigs Kleines zoologisches Praktikum. S. 780.
Kranichfeld, Hermann, Eine Erneuerung der Darwinschen Zufallstheorie. S. 397.
Kühn, A., Über den Geruchsinn der Biene. S. 491.
Lewin, L., Der Farbstoff der Mitteldarmdrüse des Krebses. S. 154.
Nachtsheim, Hans, Richard Hertwigs Untersuchungen über das Nervensystem und die Sinnesorgane der Medusen. S. 776.
Pütter, A., Ein Wachstumsgesetz. S. 402.
Rhumbler, L., Otto Bütschlis Wabentheorie. S. 549.
Romeis, B., Der Einfluß innersekretorischer Organe auf Wachstum und Entwicklung von Froschlarven. S. 860.
Schmidt, W. J., Das Polarisationsmikroskop in der Zoologie. S. 783.
Spek, Josef, Über Bütschlis Erklärung der karyokinetischen Figur. S. 561.

Wachs, Horst, Die Formen der Fortpflanzung im Tierreich und ihre Beziehungen zu Organisation und Lebensweise. S. 317.
Zimmer, C., Richard Hertwig und der biologische Unterricht an den höheren Lehranstalten. S. 778.

Medizin.

Bonin, Gerhardt von, Über Kriegsverletzungen der Gefäße. S. 917.
Brahm, C., Über das Brot in Krieg und Frieden. S. 821.
Braus, H., Max Fürbringer. S. 357.
— Wilhelm Roux und die Anatomie. S. 435.
Goldscheider, Alfred, Über die Frage der Schmerznerven. S. 1.
Hayek, H. v., Die Bedeutung der Kaltblütertuberkulose für die Behandlung der menschlichen Tuberkulose. S. 587.
Herzfeld, E., und R. Klinger, Der physikalisch-chemische Mechanismus der Muskelkontraktion. S. 359.
Heubner, W., Die Erkrankungen durch Kampfgase. S. 247.
Külz, L., Bei dem aussterbenden Inselvolk der Neu-Mecklenburger (Neu-Guinea). S. 127.
— Vernunft und Widersinn in der Eigenhygiene der Naturvölker. S. 736.
Levy-Dorn, Max, Röntgenstrahlen und Heilkunde. S. 962.
Magnus, Georg, Die Lehre von der funktionellen Anpassung in der Orthopädie. S. 451.
Magnus, R., Cholin als Hormon der Darmbewegung. S. 383.
Meyer, Hans Horst, Die Wärmeregulation im menschlichen Körper. S. 751.
Meyerhof, Otto, Über die Rolle der Milchsäure in der Energetik des Muskels. S. 696.
Pütter, A., Der Umsatz der Aminosäuren und die physiologische Rolle ihrer Umsetzungsprodukte. S. 88.
— Das Gesetz der Reizschwelle. S. 501.
— Der Nachweis der Verjüngung. S. 948.
Samelson, S., Die Insuffizienzkrankheiten des Säuglings. S. 611.
Spielmeyer, W., Die Anatomie im Dienste der Psychiatrie. S. 333.
Stieve, H., Verjüngung durch experimentelle Neubelebung der alternden Pubertätsdrüse von E. Steinach. S. 643.
— Die inkretorische Tätigkeit der Keimdrüsen und ihr Einfluß auf die Gestaltung des Körpers. S. 895.
Storm van Leeuwen, W., Über die Wirkung von Arzneigemischen. S. 929.

Nichtbiologisches.

Astronomie.

Freundlich, Erwin, Der Bericht der englischen Sonnenfinsternis-Expedition über die Ablenkung des Lichtes im Gravitationsfelde der Sonne. S. 667.
Hopmann, J., Die Sternhaufen. S. 740.
Laue, M. v., Historisch-kritisches über die Perihelbewegung des Merkur. S. 735.
Nölke, Fr., Die Entwicklung unseres Planetensystems. S. 1038.
Strömgren, Elis, Der Ursprung der Kometen. S. 485.

Geographie und Meteorologie.

Baschin, Otto, Das Deutsche geophysikalische Observatorium in Spitzbergen. S. 301.
Brandt, B., Der Baustein im alten Peru. S. 493.
Everling, E., Der Einfluß des Windes im Luftverkehr. S. 418.
Külz, L., Bei dem aussterbenden Inselvolk der Neu-Mecklenburger (Neu-Guinea). S. 127.
Mainka, C., Laufzeiten von Erdbebenwellen. S. 993.
Nippoldt, A., und K. Kähler, Magnetische und luftelektrische Arbeiten der Carnegie-Institution von 1916 bis 1918. S. 187.
Schulz, Bruno, Unsere Kenntnis von den Ursachen der Meeresströmungen. S. 1013.

Geologie und Mineralogie.

Abel, O., Die Altersfrage des Lösses. S. 300.
Brandt, B., Der derzeitige Stand der Anschauungen über die Ursachen der Gebirgsbildung. S. 705.
Doelter, C., Über die Farben der Mineralien. S. 21.
Erdmannsdörffer, O. H., Mechanische Probleme bei der Bildung kristalliner Schiefer. S. 340.
Goldschmidt, V., Otto Bütschlis Verhältnis zur Kristallographie und Mineralogie. S. 564.

Goldschmidt, Victor, Zwischen zwei Zeitaltern. S. 691.
Laue, M. v., In welchem Sinne kann man von einem Mikroskopieren des Feinbaus der Kristalle mittels Röntgenstrahlen reden? S. 968.
Rinne, Friedrich, Röntgenstrahlen und Kristallographie. S. 971.
Wilckens, Otto, Die Geologie von Neuseeland. S. 808.
Wilser, J., Angewandte Geologie im Feldzuge (Kriegsgeologie). S. 645.

Physik.

Bauer, Erwin, Die Definition des Lebewesens auf Grund seiner thermodynamischen Eigenschaften und die daraus folgenden biologischen Grundprinzipien. S. 338.
Born, Max, Das Atom. S. 213.
— Die Brücke zwischen Chemie und Physik. S. 373.
Doelter, C., Über die Farben der Mineralien. S. 21.
Freundlich, Erwin, Der Bericht der englischen Sonnenfinsternis-Expedition über die Ablenkung des Lichtes im Gravitationsfelde der Sonne. S. 667.
Gehrcke, E., Kanalstrahlen. S. 721.
Haas, Arthur, Die Physik als geometrische Notwendigkeit. S. 121.
Hess, C. v., Die Grenzen der Sichtbarkeit des Spektrums in der Tierreihe. S. 197.
Hopf, Ludwig, Über Modellregeln und Dimensionsbetrachtungen. S. 81, 107.
Knipping, Paul, Die Entwicklungsgeschichte der Röntgenröhre. S. 965.
Knopf, O., Die Versuche von F. Harress über die Geschwindigkeit des Lichtes in bewegten Körpern. S. 815.
Kossel, W., Über die Bedeutung der Röntgenstrahlen für die Erforschung des Atombaus. S. 978.
Ladenburg, Rudolf, Die Elektronenordnung in den Elementen der großen Perioden. S. 5.
Laue, M. v., Historisch-kritisches über die Perihelbewegung des Merkur. S. 735.
— In welchem Sinne kann man von einem Mikroskopieren des Feinbaus der Kristalle mittels Röntgenstrahlen reden? S. 968.
Lenz, W., Betrachtungen zu Rutherfords Versuchen über die Zerspaltbarkeit des Stickstoffkerns. S. 181.
Levy-Dorn, Max, Röntgenstrahlen und Heilkunde. S. 962.
Mainka, C., Laufzeiten von Erdbebenwellen. S. 993.
Marckwald, W., Die Untersuchungen Goldsteins über die Einwirkung der Kathodenstrahlen auf chemische Verbindungen. S. 725.
Nippoldt, A., und K. Kähler, Magnetische und luftelektrische Arbeiten der Carnegie-Institution von 1916 bis 1918. S. 187.
Nölke, Fr., Die Entwicklung unseres Planetensystems. S. 1038.
Oppenheimer, Carl, Der Mensch als Kraftmaschine. S. 64.
Paneth, Fritz, Die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen. S. 839.
Pfeiffer, Paul, Die Befruchtung der Chemie durch die Röntgenstrahlenphysik. S. 984.
Podestà, Johannes, Die systematischen Grundlagen der neuen Lehre von den Farbenharmonien. S. 756.
Reichenbach, Hans, Die physikalischen Voraussetzungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung. S. 46.
— Philosophische Kritik der Wahrscheinlichkeitsrechnung. S. 146.
Reichenheim, Otto, Eugen Goldstein. S. 717.
— Verzeichnis der Veröffentlichungen Goldsteins. S. 719.
Rinne, Friedrich, Röntgenstrahlen und Kristallographie. S. 971.
Schmidt, W. J., Das Polarisationsmikroskop in der Zoologie. S. 783.
Sommerfeld, A., Ein Zahlenmysterium in der Theorie des Zeemaneffektes. S. 61.
— Über einige spektroskopische Arbeiten Goldsteins. S. 723.
Swinne, R., Das periodische System der chemischen Elemente im Lichte der jüngsten Kanalstrahlenforschung. S. 727.
Wagner, Ernst, Über die Grundlagen der Röntgenspektroskopie. S. 973.
Westgren, Arne, und Josef Reitstötter, Über die Koagulation kolloider Lösungen. S. 277.
Wien, W., Zur Entdeckung der Röntgenstrahlen vor fünfundzwanzig Jahren. S. 961

Chemie und physikalische Chemie.

Baum, Erich, Die organische Elementarsynthese in der Technik. S. 577, 596, 616.
Born, Max, Das Atom. S. 213.
— Die Brücke zwischen Chemie und Physik. S. 373.

Brahm, C., Über das Brot in Krieg und Frieden. S. 821.
Doelter, C., Über die Farben der Mineralien. S. 21.
Eggert, J., Die chemische Theorie der Farbe. S. 529.
Färber, Eduard, Die Zwischenstufen bei chemischen Umwandlungen. S. 322.
Fischer, Hugo, Pflanzenwuchs und Kohlensäure. S. 413.
Fraenkel, W., Die neuen Forschungen G. Tammans über Mischkristalle. S. 161.
Freudenberg, Karl, Neuere Ergebnisse auf dem Gebiete der Gerbstoff-Forschung. S. 903.
Freundlich, H., Otto Bütschli als Kolloidchemiker. S. 562.
Goldschmidt, Victor, Zwischen zwei Zeitaltern. S. 691.
Herzfeld, E., und R. Klinger, Der physikalisch-chemische Mechanismus der Muskelkontraktion. S. 359.
Ladenburg, R., Die Elektronenordnung in den Elementen der großen Perioden. S. 5.
Lenz, W., Betrachtungen zu Rutherfords Versuchen über die Zerspaltbarkeit des Stickstoffkerns. S. 181.
Lüppo-Cramer, Die Bildentstehung auf der photographischen Platte. S. 43.
Marckwald, W., Die Untersuchungen Goldsteins über die Einwirkung der Kathodenstrahlen auf chemische Verbindungen. S. 725.
Meyerhof, Otto, Über die Rolle der Milchsäure in der Energetik des Muskels. S. 696.
Mitscherlich, Eilh. Alfred, Das Liebigsche Gesetz vom Minimum und das Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren. S. 85.
Paneth, Fritz, Die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen. S. 839.
Pauli, Wolfgang, Fortschritte der allgemeinen Eiweißchemie. S. 911.
Pfeiffer, Paul, Die Befruchtung der Chemie durch die Röntgenstrahlenphysik. S. 984.
Pütter, A., Der Umsatz der Aminosäuren und die physiologische Rolle ihrer Umsetzungsprodukte. S. 88.
Storm van Leeuwen, W., Über die Wirkung von Arzneigemischen. S. 929.
Swinne, R., Das periodische System der chemischen Elemente im Lichte der jüngsten Kanalstrahlenforschung. S. 727.
Warburg, Otto, Über die Reduktion der Salpetersäure in grünen Zellen. S. 594.
Westgren, Arne, und Josef Reitstötter, Über die Koagulation kolloider Lösungen. S. 277.

Physikalische und chemische Technik.

Baum, Erich, Die organische Elementarsynthese in der Technik. S. 577, 596, 616.
Everling, E., Der Einfluß des Windes im Luftverkehr. S. 418.
Goldschmidt, Victor, Zwischen zwei Zeitaltern. S. 691.
Hahnemann, W., und H. Lichte, Die moderne Entwicklung der Unterwasserschalltechnik in Deutschland. S. 871.
Herzog, R. O., Über einige Fragen der Faserstoffchemie. S. 673.
Roth, Hans, Elektrizitätsversorgung der Schweiz. S. 271.
Siegel, G., Die Elektrizitätswirtschaft in und nach dem Kriege. S. 517.
Schröter, Fritz, Die Bedeutung der Edelgase für die Elektrotechnik. S. 627.
Schulz, E. H., Entwicklung und gegenwärtiger Stand der Leichtmetallindustrie. II. Verarbeitung und Verwendung. S. 166.
Treitel, H., Dampfturbinen mit Reduktionsgetrieben. S. 345.

Psychologie.

Hauser, F., Das natürliche Bildmaß und der goldene Schnitt. S. 509.
Hertz, Paul, Über eine wahrscheinlichkeitstheoretische Rechtfertigung des Erwartungsgefühles (Bayessche Regel). S. 684.
Kraepelin, Emil, Arbeitspsychologie. S. 855.
Podestà, Johannes, Die systematischen Grundlagen der neuen Lehre von den Farbenharmonien. S. 756.
Sulze, W., Neuere Untersuchungen über die Orientierung des Menschen im Raume. S. 788.

Besprechungen.

Allgemeines.

Hirsch, Max, Über das Frauenstudium, eine soziologische und biologische Untersuchung auf Grund einer Erhebung (St. Oppenheim). S. 834.
Kammerer, Paul, Menschheitswende, Wanderungen im Grenzgebiet von Politik und Wissenschaft (H. L. Honigmann). S. 638.
Kries, Joh. v., Logik, Grundzüge einer kritischen und formalen Urteilslehre (Th. Ziehen). S. 74.

Kukula, R., und K. Trübner, Minerva, Jahrbuch der gelehrten Welt (A. Berliner). S. 514.
Nernst, W., und A. Schoenflies, Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften (L. Michaelis). S. 535.
Schlick, Moritz, Allgemeine Erkenntnislehre (Th. Ziehen). S. 11.

Biologisches.

Allgemeine Biologie.

Dembowski, J., Das Kontinuitätsprinzip und seine Bedeutung in der Biologie (J. Schaxel). S. 194.
Doflein, Franz, Das Problem des Todes und der Unsterblichkeit bei den Pflanzen und Tieren (A. Pütter). S. 637.
Driesch, Hans, Der Begriff der organischen Form (M. Schlick). S. 637.
Haberlandt, G. (Hrsgeb.), Die Kultur der Gegenwart. Physiologie und Ökologie. (J. Buder). S. 194.
Hansen, Adolph, Goethes Morphologie (Walther May). S. 205.
Kammerer, Paul, Einzeltod, Völkertod, biologische Unsterblichkeit (H. L. Honigmann). S. 512.
— Geschlechtsbestimmung und Geschlechtsverwandlung (H. L. Honigmann). S. 513.
Kroner, Richard, Das Problem der historischen Biologie (M. Schlick). S. 636.
Meyer, Arthur, Morphologische und physiologische Analyse der Zelle der Pflanzen und Tiere (Fritz Jürgen Meyer). S. 889.
Molisch, Hans, Populäre biologische Vorträge (A. Pütter). S. 637.
Naef, Adolf, Idealistische Morphologie und Phylogenetik (L. Glaesner). S. 625.
Reinke, J., Kritik der Abstammungslehre (P. Stark). S. 1044.
Ruzicka, Vl., Restitution und Vererbung (J. Schaxel). S. 626.
Steinach, E., Verjüngung durch experimentelle Neubelebung der alternden Pubertätsdrüse (H. Stieve). S. 643.
Ungerer, Emil, Die Regulationen der Pflanzen (Erich Becher). S. 764.
Walther, J., Allgemeine Paläontologie (O. Abel). S. 283.
Wasmann, D., Die Gastpflege der Ameisen, ihre biologischen und philosophischen Probleme (Selbstanzeige). S. 687.

Botanik.

Bornemann, F., Kohlensäure und Pflanzenwachstum (Hugo Fischer). S. 658.
Brockmann-Jerosch, H., Baumgrenze und Klimacharakter (E. Ulbrich). S. 55.
Engler, A., Das Pflanzenreich (W. Wangerin). S. 689, 830.
Gerke, O., Botanisches Wörterbuch (E. Küster). S. 852.
Göbel, K., Die Entfaltungsbewegungen der Pflanzen und deren teleologische Deutung (E. Küster). S. 746.
Hegi, G., Illustrierte Flora von Mitteleuropa (E. Ulbrich). S. 56.
— Alpenflora (E. Ulbrich). S. 57.
Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei (E. Küster). S. 626.
— Anatomie der Pflanzen (E. Küster). S. 831.
Neger, F. W., Die Krankheiten unserer Waldbäume und wichtigsten Gartengehölze (E. Küster). S. 57.
Potoniés Lehrbuch der Paläobotanik (F. Krasser). S. 954.
Roth, August, Die Vegetation des Walenseegebiets (L. Diels). S. 57.
Schröter, C., Oberforstinspektor Dr. Joh. Coaz (F. W. Neger). S. 194.
Ungerer, Emil, Die Regulationen der Pflanzen (Erich Becher). S. 764.

Zoologie.

Abel, O., Die Stämme der Wirbeltiere (Fr. Drevermann). S. 283.
Boas, J. E. V., Lehrbuch der Zoologie für Studierende (Walther May). S. 623.
Bolk, L., Odontologische Studien. III. Zur Ontogenie des Elefantengebisses (L. Glaesner). S. 622.
Dürken, Bernhard, Einführung in die Experimentalzoologie (Horst Wachs). S. 388.
Frisch, K. v., Über den Geruchsinn der Biene (A. Kühn). S. 491.
Knottnerus-Meyer, Zoologisches Wörterbuch. (W. May). S. 832.
Ritchie, James, The influence of man on animal life in Scotland, a study in faunal evolution. (Rich. Goldschmidt). S. 924.
Stempell, W., Leitfaden für das mikroskopisch-zoologische Praktikum (Krüger). S. 206.
Wasmann, D., Die Gastpflege der Ameisen, ihre biologischen und philosophischen Probleme (Selbstanzeige). S. 687.

Medizin.

Bleuler, E., Das autistisch-undisziplinierte Denken in der Medizin und seine Überwindung (Friedr. Schultze). S. 192.
Bumke, Oswald, Die Diagnose der Geisteskrankheiten (F. Sioli). S. 852.
Coenen, Hermann, Der Gasbrand (O. Wassertrüdinger). S. 14.
Dorno, C., Klimatologie im Dienste der Medizin (A. Loewy). S. 832.
Guggenheim, M., Die biogenen Amine und ihre Bedeutung für die Physiologie und Pathologie des pflanzlichen und tierischen Stoffwechsels (A. Pütter). S. 659.
Hayek, H. v., Das Tuberkuloseproblem (Seitz). S. 1043.
Jacoby, M., Einführung in die experimentelle Therapie (R. Finkelnburg). S. 833.
Krehl, Ludolf, Pathologische Physiologie (A. Pütter). S. 659.
Lecher, E., Lehrbuch der Physik für Mediziner, Biologen und Psychologen (F. B. Hofmann). S. 389.
Noorden, Carl v., und Hugo Salomon, Handbuch der Ernährungslehre (A. Pütter). S. 624.
Oppenheimer, C., und O. Weiß, Grundriß der Physiologie (P. Rona). S. 624.
Rost, Franz, Pathologische Physiologie des Chirurgen (A. Pütter). S. 955.
Schmiedeberg, Oswald, Über die Pharmaka in der Ilias und Odyssee (Flury). S. 583.
Steinach, E., Verjüngung durch experimentelle Neubelebung der alternden Pubertätsdrüse (H. Stieve). S. 643.

Tendeloo, N. Ph., Allgemeine Pathologie (H. Ribbert). S. 13.
Tschermak, A. v., Julius Bernsteins Lebensarbeit (A. Pütter). S. 193.
Zuntz, N., und A. Loewy, Lehrbuch der Physiologie des Menschen (A. Pütter). S. 660.

Nichtbiologisches.

Astronomie.

Newcomb, Astronomie für Jedermann (K. F. Bottlinger). S. 585.
Peters, J., Siebenstellige Werte der trigonometrischen Funktionen von Tausendstel zu Tausendstel des Grades (A. Galle). S. 74.
Struve, Hermann, die neue Berliner Sternwarte in Babelsberg (P. Guthnick). S. 72.
Wislicenus, W. F., Astrophysik (A. Kohlschütter). S. 797.

Geographie und Meteorologie.

Brockmann-Jerosch, H., Baumgrenze und Klimacharakter (E. Ulbrich). S. 55.
Dacqué, E., Geographie der Vorwelt [Paläogeographie] (J. Walther). S. 585.
Dorno, C., Physik der Sonnen- und Himmelsstrahlung (P. Guthnick). S. 600.
Göllnik, O., Die magnetische Vermessung des sächsischen Staatsgebietes (A. Nippoldt). S. 602.
Machatschek, F., Geomorphologie (O. Welter). S. 585.
Passarge, Siegfried, Die Grundlagen der Landschaftskunde (Kurt Hassert). S. 282.
Roth, August, Die Vegetation des Walenseegebiets (L. Diels). S. 57.
Steffen, Hans, Westpatagonien (B. Brandt). S. 281.
Stutzer, O., Geologisches Kartieren und Prospektieren (J. Wanner). S. 601.

Geologie und Mineralogie.

Beckenkamp, J., Leitfaden der Kristallographie (A. Johnsen). S. 602.
Dacqué, E., Geographie der Vorwelt [Paläogeographie] (J. Wanner). S. 585.
Göllnik, O., Die magnetische Vermessung des sächsischen Staatsgebietes (A. Nippoldt). S. 602.
Groß, R., Zur Theorie des Wachstums- und Lösungsvorganges kristalliner Materie (Selbstanzeige). S. 534.
Heim, Alb., Geologie der Schweiz (J. Früh). S. 810.
Linck, G., Grundriß der Kristallographie (A. Johnsen). S. 766.
Machatschek, F., Geomorphologie (O. Welter). S. 585.
Penck, Walter, Grundzüge der Geologie des Bosporus (O. Welter). S. 811.
Potoniés Lehrbuch der Paläobotanik (F. Krasser). S. 954.
Schiebold, E., Die Verwendung der Lauediagramme zur Bestimmung der Struktur des Kalkspates (P. P. Ewald). S. 157.
Stutzer, O., Geologisches Kartieren und Prospektieren (J. Wanner). S. 601.
Walther, J., Allgemeine Paläontologie (O. Abel). S. 283.
— Vorschule der Geologie (J. Wilser). S. 955.

Physik.

Abraham, M., Theorie der Elektrizität (E. Orlich). S. 427.
Bauer, G., Die Helmholtzsche Wirbeltheorie für Ingenieure (A. Betz). S. 390.
Berndt, G., Radioaktive Leuchtfarben (Fritz Paneth). S. 602.
Dorno, C., Physik der Sonnen- und Himmelsstrahlung (P. Guthnick). S. 600.
Föppl, A. und L., Drang und Zwang (R. Grammel). S. 633.
Freundlich, Erwin, Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie (Selbstanzeige). S. 812.
Geiger, H., und W. Makower, Meßmethoden auf dem Gebiete der Radioaktivität (L. Meitner). S. 513.
Grimsehl, E., Lehrbuch der Physik (Hartmut Kallmann). S. 634.
Holborn, L., K. Scheel und F. Henning, Wärmetabellen (W. A. Roth). S. 427.
Huyghens, Christian, Traité de la lumière (M. v. Laue). S. 657.
Kohlrausch-Scholl, Kleiner Leitfaden der praktischen Physik (W. Grotrian). S. 635.
Küster †, F. W., Logarithmische Rechentafeln für Chemiker, Pharmazeuten, Mediziner und Physiker (W. A. Roth). S. 307.
Laue, M. v., Die Relativitätstheorie (F. Reiche). S. 766.
— Über die Auffindung der Röntgenstrahlinterferenzen (P. P. Ewald). S. 797.
Lecher, E., Lehrbuch der Physik für Mediziner, Biologen und Psychologen (F. B. Hofmann). S. 389.
March, Arthur, Theorie der Strahlung und der Quantentheorie in elementarer Darstellung (F. Reiche). S. 635.
Ostwald, Wolfgang, Die Welt der vernachlässigten Dimensionen (Alfred Coehn). S. 306.
Perrin, Jean, Die Atome (E. Regener). S. 658.
Riecke, Lehrbuch der Physik (Hartmut Kallmann). S. 14.
Rohr, M. v., Die binokularen Instrumente nach Quellen bis zum Ausgang von 1910 (W. Merté). S. 1007.
Schaefer, Clemens, Die Prinzipe der Dynamik (P. P. Ewald). S. 535.
Schiebold, E., Die Verwendung der Lauediagramme zur Bestimmung der Struktur des Kalkspates (P. P. Ewald). S. 157.
Schmidt, Harry, Das Weltbild der Relativitätstheorie (Hans Reichenbach). S. 925.
Silberstein, L., Report on the Quantum theory of spectra (F. Reiche). S. 811.
Sommerfeld, Arnold, Atombau und Spektrallinien (J. Franck). S. 423.
Ulbricht, Richard, Das Kugelphotometer (R. v. Voß). S. 907.
Valentiner, Siegfried, Die Grundlagen der Quantentheorie in elementarer Darstellung (F. Reiche). S. 635.
Wislicenus, W. F., Astrophysik (A. Kohlschütter). S. 797.

Chemie und physikalische Chemie.

Benrath, Alfred, Chemische Grundbegriffe (J. Koppel). S. 907.
Bianchi, Umberto, Il Selenio (A. Korn). S. 705.
Doelter, C., Handbuch der Mineralchemie (J. Koppel). S. 603.
Fajans, K., Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen (Fritz Paneth). S. 94, 839.

Fischer, Emil, Untersuchungen über Depside und Gerbstoffe (Karl Freudenberg). S. 231.
Forcrand, R. de, Cours de Chimie (A. Stock). S. 307.
Geiger, H., und W. Makower, Meßmethoden auf dem Gebiete der Radioaktivität (L. Meitner). S. 513.
Giua, Michele, Chimica delle sostanze esplosive (J. Koppel). S. 704.
— und Clara Giua-Lollini, Combinazioni chimiche fra metalli (J. Koppel). S. 704.
Graebe, Carl, Geschichte der organischen Chemie (F. Henrich). S. 794.
Groß, R., Zur Theorie des Wachstums- und Lösungsvorganges kristalliner Materie (Selbstanzeige). S. 534.
Harries, Carl Dietrich, Untersuchungen über die natürlichen und künstlichen Kautschukarten (R. Stoermer). S. 232.
Hofmann, Karl A., Lehrbuch der anorganischen Experimentalchemie (R. J. Meyer). S. 155.
Koppel, J., Die Metalle und ihre Verbindungen (R. J. Meyer). S. 747.
Küster †, F. W., Logarithmische Rechentafeln für Chemiker, Pharmazeuten, Mediziner und Physiker (W. A. Roth). S. 307.
Lange, Otto, Die Zwischenprodukte der Teerfarbenfabrikation (P. Friedländer). S. 1006.
Le Blanc, Max, Lehrbuch der Elektrochemie (Erich Müller). S. 95.
Mecklenburg, Werner, Kurzes Lehrbuch der Chemie (A. Rosenheim). S. 156.
Odén, Sven, Die Huminsäuren (Paul Ehrenberg). S. 304.
Oppenheimer, Carl, Kleines Wörterbuch der Biochemie und Pharmakologie (P. Junkersdorf). S. 705.
Ostwald, Wilhelm, Grundlinien der anorganischen Chemie (R. J. Meyer). S. 424.
Ostwald, Wolfgang, Die Welt der vernachlässigten Dimensionen (Alfred Coehn). S. 306.
Perrin, Jean, Die Atome (E. Regener). S. 658.
Pringsheim, Hans, Die Polysaccharide (Junkersdorf). S. 95.
Reinglas, P., Chemische Technologie der Legierungen (E. Jänecke). S. 95.
Roscoe, Sir Henry, Ein Leben der Arbeit, Erinnerungen (H. v. Halban). S. 389.
Roth, W., Chemiker-Kalender 1920 (J. Koppel). S. 425.
Schmiedeberg, Oswald, Über die Pharmaka in der Ilias und Odyssee (Flury). S. 583.
Stähler, Arthur, Handbuch der Arbeitsmethoden in der anorganischen Chemie (Alfred Coehn). S. 795.
Stock, Alfred, Ultrastrukturchemie (R. J. Meyer). S. 424.
Walden, P., Optische Umkehrerscheinungen [Waldensche Umkehrung] (H. v. Halban). S. 305.
Weinland, R., Einführung in die Chemie der Komplexverbindungen (A. Rosenheim). S. 233.
Werner, A., Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie (A. Rosenheim). S. 425.

Physikalische und chemische Technik.

Bauer, G., Die Helmholtzsche Wirbeltheorie für Ingenieure (A. Betz). S. 390.
Berndt, G., Radioaktive Leuchtfarben (Fritz Paneth). S. 602.
Hanffstengel, G. v., Technisches Denken und Schaffen (Th. v. Kármán). S. 657.
Harries, Carl Dietrich, Untersuchungen über die natürlichen und künstlichen Kautschukarten (R. Stoermer). S. 232.
Kolbe, Ludwig, Flüssige Luft, Sauerstoff, Wasserstoff (R. Linde). S. 796.
Lange, Otto, Die Zwischenprodukte der Teerfarbenfabrikation (P. Friedländer). S. 1006.
Le Blanc, Max, Lehrbuch der Elektrochemie (Erich Müller). S. 95.
Pröll, A., Flugtechnik (K. Gaule). S. 833.
Reinglas, P., Chemische Technologie der Legierungen (E. Jänecke). S. 95.
Roth, W., Chemiker-Kalender 1920 (J. Koppel). S. 425.
Strecker, Karl, Jahrbuch der Elektrotechnik (A. Berliner). S. 603.
Ulbricht, Richard, Das Kugelphotometer (R. v. Voß). S. 907.

Psychologie.

Pauli, R., Über psychische Gesetzmäßigkeit, insbesondere über das Webersche Gesetz (F. B. Hofmann). S. 656.
— Psychologisches Praktikum (F. B. Hofmann). S. 657.

Verzeichnis der Referenten.

Abel, O.: Walther, J., Allgemeine Paläontologie. S. 283.
Becher, Erich: Ungerer, Emil, Die Regulationen der Pflanzen. S. 764.
Berliner, A.: Minerva, Jahrbuch der gelehrten Welt. S. 514.
— Strecker, Karl, Jahrbuch der Elektrotechnik. S. 603.
Betz, A.: Bauer, G., Die Helmholtzsche Wirbeltheorie für Ingenieure. S. 390.
Bottlinger, K. F.: Newcombs Astronomie für Jedermann. S. 585.
Brandt, B.: Steffen, Hans, Westpatagonien. S. 281.
Buder, J.: Die Kultur der Gegenwart. Physiologie und Oekologie. S. 194.
Coehn, Alfred: Ostwald, Wolfgang, Die Welt der vernachlässigten Dimensionen. S. 306.
— Stähler, Arthur, Handbuch der Arbeitsmethoden in der anorganischen Chemie. S. 795.
Diels, L.: Roth, August, Die Vegetation des Walenseegebiets. S. 57.
Drevermann, Fr.: Abel, O., Die Stämme der Wirbeltiere. S. 283.
Ehrenberg, Paul: Odén, Sven, Die Huminsäuren. S. 304.
Ewald, P. P.: Laue, M. v., Über die Auffindung der Röntgenstrahlinterferenzen. S. 797.
— Schaefer, Clemens, Die Prinzipe der Dynamik. S. 535.
— Schiebold, E., Die Verwendung der Lauediagramme zur Bestimmung der Struktur des Kalkspates. S. 157.
Finkelnburg, R.: Jacoby, M., Einführung in die experimentelle Therapie. S. 833.

Fischer, Hugo: Bornemann, F., Kohlensäure und Pflanzenwachstum. S. 658.
Flury: Schmiedeberg, Oswald, Über die Pharmaka in der Ilias und Odyssee. S. 583.
Franck, J.: Sommerfeld, Arnold, Atombau und Spektrallinien. S. 423.
Freudenberg, Karl: Fischer Emil, Untersuchungen über Depside und Gerbstoffe. S. 231.
Freundlich, Erwin: Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie (Selbstanzeige). S. 812.
Friedländer, P.: Lange, Otto, Die Zwischenprodukte der Teerfarbenfabrikation. S. 1006.
Früh, J.: Heim, Alb., Geologie der Schweiz. S. 810.
Galle, A.: Peters, J., Siebenstellige Werte der trigonometrischen Funktionen von Tausendstel zu Tausendstel des Grades. S. 74.
Gaule, K.: Pröll, A., Flugtechnik. S. 833.
Glaesner, L.: Bolk, L., Odontologische Studien. III. Zur Ontogenie des Elefantengebisses. S. 622.
— Naef, Adolf, Idealistische Morphologie und Phylogenetik. S. 625.
Goldschmidt, Rich.: Ritchie, James, The influence of man on animal life in Scotland, a study in faunal evolution. S. 924.
Grammel, R.: Föppl, A. und L., Drang und Zwang. S. 633.
Gross, R.: Zur Theorie des Wachstums- und Lösungsvorganges kristalliner Materie (Selbstanzeige). S. 534.
Grotrian, W.: Kohlrausch-Scholl, Kleiner Leitfaden der praktischen Physik. S. 635.
Guthnick, P.: Dorno, C., Physik der Sonnen- und Himmelsstrahlung. S. 600.
— Struve, Hermann, Die neue Berliner Sternwarte in Babelsberg. S. 72.
Halban, H. v.: Roscoe, Sir Henry, Ein Leben der Arbeit, Erinnerungen. S. 389.
— Walden, P., Optische Umkehrerscheinungen (Waldensche Umkehrung). S. 305.
Hassert, Kurt: Passarge, Siegfried, Die Grundlagen der Landschaftskunde. S. 282.
Henrich, F.: Graebe, Carl, Geschichte der organischen Chemie. S. 794.
Hofmann, F. B.: Lecher, E., Lehrbuch der Physik für Mediziner, Biologen und Psychologen. S. 389.
— Pauli, R., Psychologisches Praktikum. S. 93, 657.
— Pauli, R., Über psychische Gesetzmäßigkeit, insbesondere über das Webersche Gesetz. S. 656.
Honigmann, H. L.: Kammerer, Paul, Einzeltod, Völkertod, biologische Unsterblichkeit. S. 512.
— Kammerer, Paul, Geschlechtsbestimmung und Geschlechtsverwandlung. S. 513.
— Kammerer, Paul, Menschheitswende, Wanderungen im Grenzgebiet von Politik und Wissenschaft. S. 638.
Jänecke, E.: Reinglas, P., Chemische Technologie der Legierungen. S. 95.
Johnsen, A.: Beckenkamp, J., Leitfaden der Kristallographie. S. 602.
— Linck, G., Grundriß der Kristallographie. S. 766.
Junkersdorf, P.: Oppenheimer, Carl, Kleines Wörterbuch der Biochemie und Pharmakologie. S. 705.
— Pringsheim, Hans, Die Polysaccharide. S. 95.
Kallmann, Hartmut: Grimsehl, E., Lehrbuch der Physik. S. 634.
— Riecke, Lehrbuch der Physik. S. 14.
Kármán, Th. von: Hanffstengel, G. v., Technisches Denken und Schaffen. S. 657.
Kohlschütter, A.: Wislicenus, W. F., Astrophysik. S. 797.
Koppel, J.: Benrath, Alfred, Chemische Grundbegriffe. S. 907.
— Chemiker-Kalender 1920. S. 425.
— Doelter, C., Handbuch der Mineralchemie. S. 603.
— Giua, Michele, Chimica delle sostanze esplosive. S. 704.
— Giua, Michele, und Clara Giua-Lollini, Combinazioni chimiche fra metalli. S. 704.
Korn, A.: Bianchi, Umberto, Il Selenio. S. 705.
Krasser, F.: Potoniés Lehrbuch der Paläobotanik. S. 954.
Krüger: Stempell, W., Leitfaden für das mikroskopisch-zoologische Praktikum. S. 206.
Kühn, A.: Frisch, K. v., Über den Geruchsinn der Biene (Originalaufsatz). S. 491.
Küster, E.: Gerke, O., Botanisches Wörterbuch. S. 852.
— Göbel, K., Die Entfaltungsbewegungen der Pflanzen und deren teleologische Deutung. S. 746.
— Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. S. 626.
— Molisch, H., Anatomie der Pflanzen. S. 831.
— Neger, F. W., Die Krankheiten unserer Waldbäume und wichtigsten Gartengehölze. S. 57.
Laue, M. v.: Huyghens, Christian, Traité de la lumière. S. 657.
Linde, R.: Kolbe, Ludwig, Flüssige Luft, Sauerstoff, Wasserstoff. S. 796.
Loewy, A.: Dorno, C., Klimatologie im Dienste der Medizin. S. 832.
May, Walther: Boas, J. E. V., Lehrbuch der Zoologie für Studierende. S. 623.
— Hansen, Adolph, Goethes Morphologie. S. 205.
— Knottnerus-Meyer, Zoologisches Wörterbuch. S. 832.
Meitner, L.: Geiger, H., und W. Makower, Meßmethoden auf dem Gebiete der Radioaktivität. S. 513.
Merté, W.: Rohr, M. v., Die binokularen Instrumente nach Quellen bis zum Ausgang von 1910. S. 1007.
Meyer, Fritz Jürgen: Meyer, Arthur, Morphologische und physiologische Analyse der Zelle der Pflanzen und Tiere. S. 889.
Meyer, R. J.: Hofmann, Karl A., Lehrbuch der anorganischen Experimentalchemie. S. 155.
— Koppel, J., Die Metalle und ihre Verbindungen. S. 747.
— Ostwald, Wilhelm, Grundlinien der anorganischen Chemie. S. 424.
— Stock, Alfred, Ultrastrukturchemie. S. 424.
Michaelis, L.: Nernst, W., und A. Schoenflies, Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften. S. 535.
Müller, Erich: Le Blanc, Max, Lehrbuch der Elektrochemie. S. 95.
Neger, F. W.: Schröter, C., Oberforstinspektor Dr. Joh. Coaz. S. 194.
Nippoldt, A.: Göllnik, O., Die magnetische Vermessung des sächsischen Staatsgebietes. S. 602.
Oppenheim, St.: Hirsch, Max, Über das Frauenstudium, eine soziologische und biologische Untersuchung auf Grund einer Erhebung. S. 834.
Orlich, E.: Abraham, M., Theorie der Elektrizität. S. 427.
Paneth, Fritz: Berndt, G., Radioaktive Leuchtfarben. S. 602.

— Fajans, K., Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen. S. 94, 839.
Pütter, A.: Doflein, Franz, Das Problem des Todes und der Unsterblichkeit bei den Pflanzen und Tieren. S. 637.
— Guggenheim, M., Die biogenen Amine und ihre Bedeutung für die Physiologie und Pathologie des pflanzlichen und tierischen Stoffwechsels. S. 659.
— Krehl, Ludolf, Pathologische Physiologie. S. 659.
— Molisch, Hans, Populäre biologische Vorträge. S. 637.
— Noorden, Carl v. und Hugo Salomon, Handbuch der Ernährungslehre. S. 624.
— Rost, Franz, Pathologische Physiologie des Chirurgen. S. 955.
— Tschermak, A. v., Julius Bernsteins Lebensarbeit. S. 193.
— Zuntz, N., und A. Loewy, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. S. 660.
Regener, E.: Perrin, Jean, Die Atome. S. 658.
Reiche, F.: Laue, M. v., Die Relativitätstheorie. S. 766.
— March, Arthur, Theorie der Strahlung und der Quanten. S. 635.
— Silberstein, L., Report on the Quantum theory of spectra. S. 811.
— Valentiner, Siegfried, Die Grundlagen der Quantentheorie in elementarer Darstellung. S. 635.
Reichenbach, Hans: Schmidt, Harry, Das Weltbild der Relativitätstheorie. S. 925.
Ribbert, H.: Tendeloo, N. Ph., Allgemeine Pathologie. S. 13.
Rohr, M. v.: Die Entwicklung der Brille. VII. S. 533.
Rona, P.: Oppenheimer, C., und O. Weiß, Grundriß der Physiologie. S. 624.
Rosenheim, A.: Mecklenburg, Werner, Kurzes Lehrbuch der Chemie. S. 156.
— Weinland, R., Einführung in die Chemie der Komplexverbindungen. S. 233.
— Werner, A., Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie. S. 425.
Roth, W.: Küster †, F. W., Logarithmische Rechentafeln für Chemiker, Pharmazeuten, Mediziner und Physiker. S. 307.
— Wärmetabellen. S. 427.
Schaxel, J.: Dembowski, J., Das Kontinuitätsprinzip und seine Bedeutung in der Biologie. S. 194.
— Ruzicka, Vl., Restitution und Vererbung. S. 626.
Schlick, M.: Driesch, Hans, Der Begriff der organischen Form. S. 637.
— Kroner, Richard, Das Problem der historischen Biologie. S. 636.
Schultze, Friedr.: Bleuler, E., Das autistisch-undisziplinierte Denken in der Medizin und seine Überwindung. S. 192.
Seitz: Hayek, H. v., Das Tuberkuloseproblem. S. 1043.
Sioli, F.: Bumke, Oswald, Die Diagnose der Geisteskrankheiten. S. 852.
Stark, P.: Reinke, J., Kritik der Abstammungslehre. S. 1044.
Stieve, H.: Steinach, E., Verjüngung durch experimentelle Neubelebung der alternden Pubertätsdrüse (Originalaufsatz). S. 643.
Stock, A.: Forcrand, R. de, Cours de Chimie. S. 307.
Stoermer, R.: Harries, Carl Dietrich, Untersuchungen über die natürlichen und künstlichen Kautschukarten. S. 232.
Ulbrich, E.: Brockmann-Jerosch, H., Baumgrenze und Klimacharakter. S. 55.
— Hegi, G., Illustrierte Flora von Mitteleuropa. S. 56.
— Hegi, G., Alpenflora. S. 57.
Voß, R. v.: Ulbricht, Richard, Das Kugelphotometer. S. 907.
Wachs, Horst: Dürken, Bernhard, Einführung in die Experimentalzoologie. S. 388.
Wangerin, W.: Engler, A., Das Pflanzenreich. S. 689, 830.
Wanner, J.: Dacqué, E., Geographie der Vorwelt (Paläogeographie). S. 585.
— Stutzer, O., Geologisches Kartieren und Prospektieren. S. 601.
Wasmann, E.: Die Gastpflege der Ameisen, ihre biologischen und philosophischen Probleme (Selbstanzeige). S. 687.
Wassertrüdinger, O.: Coenen, Hermann, Der Gasbrand. S. 14.
Welter, O.: Machatschek, F., Geomorphologie. S. 585.
— Penck, Walter, Grundlage der Geologie des Bosporus. S. 811.
Wilser, J.: Walther, Joh., Vorschule der Geologie. S. 955.
Ziehen, Th.: Kries, Joh. v., Logik, Grundzüge einer kritischen und formalen Urteilslehre. S. 74.
— Schlick, Moritz, Allgemeine Erkenntnislehre. S. 11.

Referate über Abhandlungen in Zeitschriften.

Biologisches.

Akerman, A.: Über die Bedeutung der Art des Auftauens für die Erhaltung gefrorener Pflanzen (Bot. Not. 1919). S. 394.
Amhaus, H.: Über die Biologie der Sukkulenten (Neudamm, 1916). S. 395.
Asher, Leon: Die Wirkungen des Schilddrüsenhormons (Therap. Halbmonatsh. Jg. 34., H. 8, S. 222 bis 224, 1920). S. 890.
Bally, W.: Die Godronschen Bastarde zwischen Aegilops- und Triticumarten (Ztschr. f. ind. Abstl. 20, 1919). S. 77.
Bresslau, E.: Über eine neue Varticellide (Biol. Zentralbl. Bd. 39, Nr. 2). S. 97.
Buder, J.: Zur Biologie des Bakteriopurpurins und der Purpurbakterien (Jahrb. f. wiss. Bot. 58. 1918). S. 308.
— Neue phototropische Fundamentalversuche (Ber. d. D. Bot. Ges. 38, 1920). S. 661.
Collander, R.: Untersuchungen über den Thermotropismus der Pflanzen (Helsingfors, 1919). S. 76.
Correns, C.: Die geschlechtliche Tendenz der Keimzellen gemischtgeschlechtlicher Pflanzen (Zeitschr. f. Bot. 12, 1920). S. 662.

Davidsohn, Heinrich: Die Wirkung der Aushungerung Deutschlands auf die Berliner Kinder (Ztschr. f. Kinderhlk. 21, S. 349, 1919). S. 116.

Davis, David J.: Das Schicksal des Streptococcus haemolyticus im Magendarmkanal (Journ. of infect. dis. Bd. 26, Nr. 2, S. 171—178, 1920). S. 891.

Döderlein, A.: Über Eigenblutinfusion (D. med. Wochenschr. Jg. 46, Nr. 17, S. 449—451, 1920). S. 890.

Dubin, H. E., und M. J. Lewi: Die Darstellung eines beständigen Vitaminpräparats und sein Wert bei der Ernährung (Americ. Journ. of the med. sciences 157, Nr. 2, S. 264—268, 1920). S. 749.

Exner, Felix M.: Zur Theorie der Flußmäander (Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, Math.-nat. Klasse Abt. II a, Bd. 128, 1919). S. 481.

Goor, A. C. J. van: Das Wachstum der Zostera marina L. (Ber. d. D. Bot. Ges. 38, S. 187—192, 1920). S. 1046.

Guttenberg, H. v.: Über die Abhängigkeit der phototropen Erscheinungen von der Größe der beleuchteten Fläche (Ber. d. D. Bot. Ges. 37, 1919). S. 310.

Haberlandt, G.: Über Zellteilungen in Elodeablättern nach Plasmolyse (Sitz.-Ber. d. P. Ak. d. Wiss., phys.-math. Klasse, 39, 1919). S. 307.

Hansen, Heinrich: Anatomie und Entwicklung der Zyklostomenzähne unter Berücksichtigung ihrer phylogenetischen Stellung (Jenaische Ztschr. f. Naturwissensch. Bd. 56, H. 1, 1919). S. 477.

Harder, R.: Über die Reaktionen freibeweglicher pflanzlicher Organismen auf plötzliche Änderungen der Lichtintensität (Ztschr. f. Bot. 12, 1920). S. 956.

Heikertinger, Franz: Das Problem der Ameisenmimikry (Biol. Zentralbl. Bd. 39, Nr. 2). S. 98.

Hindhede: Das Fettminimum (Skandinav. Arch. f. Physiol. Bd. 39, S. 78—131, 1919). S. 117, 639.

Jahn: Der Geburtenrückgang in Pommern von 1876 bis 1910 (Veröff. a. d. Geb. d. Medizinalverw. IV, 1, 1914). S. 112.

Johns, Carl O., und A. J. Finks: Die Rolle des Cystins bei der Ernährung (Journ. of. biol. chem. Bd. 41, Nr. 3, S. 379—389, 1920). S. 941.

Klatt: Keimdrüsentransplantation beim Schwammspinner (Ztschr. f. indukt. Abstammungslehre 22, 1920). S. 477.

Koch, E.: Die Beurteilung der indischen Mond- und Rangoonbohnen (Ztschr. f. öff. Chemie Jg. 26, S. 16—20, 1920). S. 889.

Kolkwitz, R.: Die künstliche Zelle (Ber. d. D. Bot. Ges. 38, S. 136—140, 1920). S. 1047.

Kooy, F. H.: Körperliche Veränderungen im Gefolge von Gemütsbewegungen (Nederlandsch Maandschrift voor Geneeskunde Jg. 9, S. 29—44, 1920). S. 890.

Kresse: Der Geburtenrückgang in Deutschland, seine Ursachen und die Mittel zu seiner Beseitigung (Berlin). S. 112.

Krizenecky: Hermaphroditismus bei Triton cristatus (Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 42). S. 332.

Kurpjuweit: Erkrankungen und Todesfälle unter der Bevölkerung in Wolhynien und Polen im Gebiete des Bug und Pripet (Veröff. a. d. Geb. d. Medizinalverw. 84, 1919). S. 113.

Lauterbach, L.: Untersuchungen über die Beeinflussung der Protoplasmaströmung der Characeen durch mechanische und osmotische Eingriffe (Beih. z. bot. Zentralbl. 38, Abt. I, 1920). S. 1045.

Lehmann: Über die minimale Belichtungszeit, welche die Keimung der Samen von Lythrum Salicaria auslöst (Ber. d. D. Bot. Ges. 36, 1918). S. 309.

Lehmann, Ernst: Oenothera fallax Renner und die Nomenklatur der Oenotherenbastardierungen (Ber. d. D. Bot. Ges. 38, S. 166—175, 1920). S. 1047.

Lippmann, E.: Über das Vorkommen von Brenzkatechin und Hydrochinon in lebenden Pflanzen (Ber. d. D. Chem. Ges. 51, S. 272). S. 838.

Llewellyn, T. Lister, und H. S. Elworthy: Über die Beleuchtung der Gruben mit Bezug auf das Augenzittern der Bergleute (Brit. journ. of ophthalmol. 4, Nr. 4, S. 155—190, 1920). S. 750.

Lull, R. S.: Das Leben im Connecticuttale zur Triaszeit (State Geolog. and Natur. History Survey of Connecticut, Bull. 24, 1915). S. 1028.

Magrou, J.: Die Immunität der einjährigen Pflanzen gegenüber den symbiotischen Pilzen (Cpt. rend. Bd. 170, Nr. 10, S. 616—618, 1920). S. 942.

Mast: The relation between spectral color and stimulation in the lower organism (Journ. of. exp. zool. 22, 1917). S. 479.

— Reversion in orientation to light in the colonial forms (Journ. of zool. I, 26, 1918, II, 27, 1919). S. 479.

Metzner, P.: Die Bewegung und Reizbeantwortung der bipolar begeißelten Spirillen (Jahrb. f. wiss. Bot. 59, 1920). S. 957.

— Zur Mechanik der Geisselbewegung (Biol. Zentralbl. 40, 1920). S. 957.

— Über die Wirkung photodynamischer Stoffe (Biochem. Ztschr. 101, 1919). S. 958.

Möbius, M.: Die Entstehung der schwarzen Färbung bei den Pflanzen (Ber. d. D. Bot. Ges. 38, H. 7, 1920). S. 1046.

Molisch, H.: Über die Kunst, das Leben der Pflanze zu verlängern (Vortr. d. Ver. z. Verbreit. naturwiss. Kenntn. in Wien 59, 1918). S. 308.

Monard, A.: La Faune profonde du lac de Neuchâtel (Bull d. l. Soc. neuchât. des sc. nat. Bd. XLIV, 1919). S. 332.

— Tiefenfauna des Neuenburger Sees (Bull. d. l. Soc. neuchât. des sc. nat. XLIV, 1919). S. 712.

Müller, K.: Die Zukunft des badischen Weinbaus (Wein und Rebe, 1919). S. 394.

Myers, Rollin, G.: Eine chemische Studie über das Walfischblut (Journ. of biol. chem. 41, Nr. 1, S. 137—143, 1920). S. 749.

— Eine chemische Studie über das Blut verschiedener Wirbelloser (Journ. of biol. chem. 41, Nr. 1, S. 119—135, 1920). S. 749.

Neuschloß: Das Wesen der Chininfestigkeit bei Protozoen (Pflüg. Arch. Bd. 176, S. 223—235, 1919). S. 329.

Philippson, A.: Die Vegetation des westlichen Kleinasiens (Petermanns Mitt. Sept./Okt. 1919). S. 330.

Pringsheim, E. G.: Über die gegenseitige Schädigung und Förderung von Bakterien (Zentralbl. f. Bakt. 2. Abt., 51, 1920). S. 661.

— Untersuchungen über die Entwicklungsphysiologie des Pilzmycels (Ber. d. D. Bot. Ges. Bd. 38, H. 7, 1920). S. 1046.

Raunkiaer, C.: Über Homodromie und Antidromie insbesondere bei Gramineen (Kgl. Dansk. Vid. Selsk. Biol. Medd. I, 1919). S. 75.

Renner, O.: Über das Sichtbarwerden der Mendelschen Spaltung im Pollen von Oenotherabastarden (Ber. d. D. Bot. Ges. 37, 1919). S. 309.

Rubner, Max: Der Nahrungstrieb des Menschen (Sitz.-Ber. d. Pr. Akad. d. Wiss. S. 341—364, 1920). S. 748.

Rübel, E.: Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Wasserleitungsbahn und Transpirationsverhältnissen bei Helianthus annuus (Beih. z. Bot. Zentralbl. 37, I. Abt., 1920). S. 663.

Schüepp, O.: Über Form und Darstellung der Wachstumskurven (Ber. d. D. Bot. Ges. Bd. 38, H. 6, 1920). S. 1043.

Schweinfurth, G.: Pflanzenbilder im Tempel von Karnak Theben (Bot. Jahrb. 55, 1919). S. 59.

Seeliger, Rud.: Über einige physiologische Wirkungen des Osmiumtetroxyds (Ber. d. D. Bot. Ges. 38, H. 4, 1920). S. 1047.

Sewell, E. P., und A. S. M. Macgregor: Malariabekämpfung beim Palästinafeldzug (Journ. of the roy. army med. corps Bd. 34, Nr. 2, S. 85—100; Nr. 3, S. 204—218, 1920). S. 892.

Sierp, H.: Neuere Arbeiten über Photo- und Geotropismus (Ztschr. f. Botanik 11, 1919). S. 479.

Solbrig: Geburtenrückgang und Säuglingssterblichkeit in Deutschland (Veröff. a. d. Geb. d. Medizinalverw. 1917). S. 112.

Sorauer, Paul: Über die Erkrankung der Zimmerpflanzen (Ztschr. f. Pflanzenkrankh. 25, 1915). S. 59.

Spemann und Frankenberg: Über asymmetrische Entwicklung und Situs inversus viscerum bei Zwillingen und Doppelbildungen (Arch. f. Entwicklungsmech. Bd. 45, H. 3, 1919). S. 175.

Ståfelt, M. G.: Die Beeinflussung unterirdisch wachsender Organe durch den mechanischen Widerstand des Wachstumsmediums (Ark. f. Bot. 16, 1920). S. 662.

Stahl: Zur Physiologie und Biologie der Exkrete (Flora 13, 1919). S. 309.

Stark, P.: Das Resultantengesetz beim Haptotropismus (Jahrb. f. wiss. Bot. 58, 1918). S. 308.

— Das Webersche Gesetz in der Pflanzenphysiologie (Ztschr. f. allg. Physiol. 28, 1920). S. 478.

Studnicka: Das Schema bei Wirbeltieraugen (Zool. Jahrb. Bd. 40, 1918). S. 476.

Toldt, K. jun.: Über Hautzeichnung bei Säugetieren infolge des Haarkleidwechsels (Vortr. auf d. 86. Vers. d. Naturf. u. Ärzte, 1920). S. 869.

Tomor, Ernst: Die Grundirrtümer der heutigen Rassenhygiene (Abh. a. d. Gesamtgeb. d. prakt. Med. Bd. 20, H. 4—5, S. 67—89, 1920). S. 891.

Weber, Friedl: Notiz zur Kohlensäureassimilation von Neottia (Ber. d. D. Bot. Ges. 38, 1920). S. 1046.

Wettstein, Fritz v.: Künstliche haploide Parthenogenese bei Vaucheria und die geschlechtliche Tendenz der Keimzellen gemischtgeschlechtlicher Pflanzen (Ber. d. D. Bot. Ges. 38, H. 7, 1920). S. 1046.

Wisselingh, C. v.: Über Variabilität und Erblichkeit (Ztschr. d. indukt. Abstammungsl. 22, 1920). S. 480.

Nichtbiologisches.

Alt, Otto: Der Verbrennungsvorgang in der Ölmaschine (Ztschr. d. Ver. D. Ingen. 64, S. 637, 1920). S. 867.

Ambronn, R.: Die Durchforschung der Erdrinde und ihre Nutzbarmachung im Berg- und Tiefbau (Ztschr. für angew. Chemie 32, S. 353—355, 1919). S. 353.

Anding, E.: Ein didaktisches Hilfsmittel zur sphärischen Astronomie (Astr. Nachr. 209, 289). S. 315.

Arldt, Th.: Die Ursachen der Klimaschwankungen der Vorzeit, besonders der Eiszeiten (Ztschr. f. Gletscherkd. 11, S. 1—27). S. 483.

Aston, F. W.: Neonlampe für stroboskopische Zwecke (Proc. Cambridge Phil. Soc. 19, S. 300 bis 306, 1920). S. 604.

Bailey: Auffindung zweier neuen Sterne (Bull. d Harvard-Sternwarte Nr. 691 u. 693). S. 396.

Barschall, H.: Über die Gebirgswinde in den Mittleren Vogesen (Meteorol. Ztschr. H. 5/6, 1919). S. 78.

Behrmann, W.: Der Vorgang der Selbstverstärkung (Ztschr. d. Ges. f. Erdk. H. 3/4, 1919). S. 330.

Berl und Ziffer: Die Gewinnung von Benzolkohlenwasserstoffen aus Erdöl (Petroleum, Jg. 14, S. 1213). S. 853.

Blasius, H.: Der Einfluß der elastischen Aufbiegung der Balance einer Unruh auf die Schwingungsdauer (Ztschr. f. Instrumentenk. H. 1, 1919). S. 58.

Bokorny: Sulfitablauge als Düngemittel (Chem.-Ztg. S. 174, 1920). S. 925.

Bosch, Carl: Stickstoff in Wirtschaft und Technik (Vortr. auf d. 86. Vers. D. Naturf. u. Ärzte, 1920). S. 867.

Bottlinger: Eine neue Theorie der δ Cephei-Veränderlichen (Astron. Nachr. 5019). S. 211.

Bragg, W. H.: Über das Hören unter Wasser (Engineering Bd. 107, S. 776, 1919). S. 118.

Brandt, B.: Brasilien vor dem Kriege (Geograph. Ztschr. H. 11/12, 1918). S. 58.

Brill: Zur photographischen Photometrie heller Sterne (Astr. Nachr. 5032). S. 316.

Buchanan, D.: Asymptotische Satellitenbahnen in der Nähe der Lagrangeschen Dreieckspunkte (Trans. Cambridge Philos. Soc. Bd. 22, Nr. 15). S. 395.

Chapman, S.: Terrestrial Magnetic Variations and their Connection with Solar Emissions which are Absorbed in the Earth's Outer Atmosphere (Phyl. Trans. 22 (41), S. 341—359, 1919). S. 499.

Courvoisier: Neue Untersuchungen über die jährliche Refraktion (Astron. Nachr. 5014—5015). S. 514.

— Jährliche Refraktion und Lichtablenkung in der Nähe der Sonne (Astron. Nachr. Nr. 5056). S. 814.

D'Arsonval, Bordas, und Touplain: Die elektrische Luftreinigung (Cpt. rend. 170, Nr. 11, S. 636 bis 638, 1920). S. 750.

Deecke, W.: Kritische Studien zu Glazialfragen Deutschlands (Ztschr. f. Gletscherkd. Bd. 11, S. 34—84). S. 835.

Dewberry, E. B.: The prevention and destruction of rats (Journ. of the roy. army med. corps, Bd. 34, Nr. 4 u. 5, 1920). S. 713.

Dietrich, O.: Der Norden von Portugiesisch-Ostafrika (Petermanns Mitt. Nov./Dez. 1919). S. 351.

Duane, W., und W. Stenström: Die K-Serie der Röntgenstrahlen (Phys. Rev. 15, 328, 1920). S. 640.

Eckardt, W.: Die hauptsächlichsten Fundamentalsätze der paläoklimatischen Forschung (Peterm. Mitt. März/April, 1919). S. 113.

Eggert, John: Über den Dissoziationszustand der Fixsterngase (Phys. Ztschr. 20, 570, 1919). S. 480.

Erfle, H.: Über die Ablenkung eines außerhalb des Prismenhauptabschnittes verlaufenden Strahles (Ztschr. f. Instrumentenkd. H. 9, 1918). S. 58.

Everling, E.: Die wahre Neigung von Flugzeugen (Der Motorwagen S. 531—33, 1919). S. 38.

Euler, H. v., und Olof Svanberg: Über die Selbstregeneration eines Enzyms nach Metallvergiftung (Ark. f. Kem., Mineral. o. Geol.). S. 664.

Fels, E.: Das Kriegsvermessungswesen im Dienste der Geographie (Peterm. Mitt., Mai/Juni, 1919). S. 114.

Formánek: Nachweis von Benzol in Benzin (Chem.-Ztg. 41, 713). S. 607.

Galbas, P. A.: Vorläufige Ergebnisse militärischer aerologischer Stationen (Meteorolog. Ztschr. H. 11/12, 1919). S. 500.

Georgii, W.: Sciroccobeobachtungen im südwestlichen Teile Palästinas (Meteorol. Ztschr. H. 7/8, 1919). S. 77.

Goldschmidt, Karl: Zur Frage der wirtschaftlichen Ausnutzung der Brennstoffe (Technik u. Wirtschaft S. 290—297, 1918). S. 893.

Greim, G.: Zur Wirtschaftsgeographie Italiens (Geograph. Ztschr. H. 8/9, 1918). S. 57.

Guthnick, P.: Künstliche Lichtkurven (Astronom. Nachr. 4993). S. 500.

— und P. Hügler: Beobachtungen der Helligkeit, des Farbenindex und des Spektrums der Nova Aquilae 3 (Astronom. Nachr. 5037/38). S. 500.

Häberle, Daniel: Die Höhlen der Rheinpfalz (Beitr. z. Landeskd. d. Rheinpfalz H. 1, 1918). S. 350.

Haeuser, J.: Kurze starke Regenfälle in Bayern, ihre Ergiebigkeit, Dauer, Intensität, Häufigkeit und Ausdehnung (Abhandl. d. Bayer. Landesstelle f. Gewässerkd., 1919). S. 355.

Hagen, J. G.: Die Hauptphasen veränderlicher Sterne berechnet mit Pogsons schneidender Kurve (Astr. Nachr. 210, 217). S. 316.

Harzer, P.: Über die Formeln der sphärischen Trigonometrie (Astr. Nachr. 210, 10). S. 315.

Hellerich: Neue spektroskopische Bahnelemente von S Sagittae und SU Cygni (Astron. Nachr. 5021). S. 539.

Hergesell, H.: Der tägliche Gang des Luftdruckes und der Temperatur in der freien Atmosphäre (Meteorolog. Ztschr. H. 7/8, 1919). S. 78.

Heuberger: Ein neuer Gas-Sparbrenner (Ztschr. d. Vereins der Gas- und Wasserfachmänner in Österreich und Ungarn S. 247—249, 1919). S. 483.

Hütter, W.: Die Entdeckung des Broms (Kali Jg. 11, S. 196). S. 894.

Hyde, E. P., W. E. Forsythe und F. E. Cady: Über die Energieverteilung im sichtbaren Spektrum der Azetylenflamme (Phys. Rev. 14, S. 379 bis 388, 1919). S. 354.

Jaeger, W., und H. v. Steinwehr: Über den Wert des mechanischen Wärmeäquivalents (Ann. d. Phys. Nr. 5, 1919). S. 78.

Idrac, P.: Studien über den Segelflug in Hoch-Guinea (Cpt. rend. Bd. 170, Nr. 5, S. 269—272, 1920). S. 942.

Jeffreys, Harald: The viscosity of the earth (Monthly Notices of the R. astron. society, 1914 bis 1917). S. 641.

Jentzsch-Graefe, Felix: Zur Mechanik des Freiballons (Phys. Ztschr. Bd. 20, S. 320—328, 1919). S. 137.

Israel, O.: Die Stötznersche Szetschwan-Expedition (Peterm. Mitt., März/April und Mai/Juni, 1919). S. 112.

Jung, Über die Entgasung des Kesselspeisewassers (Ztschr. d. Ver. D. Ingen. Nr. 8, 1920). S. 409.

Karcher, J. C.: Die M-Serie der Hochfrequenzspektra (Phys. Rev. 15, 285, 1920). S. 640.

Kayser: Die direkte Verwendung von rohem Gaswasser zu Düngezwecken (Journ. f. Gasbeleucht. Bd. 61, S. 121). S. 837.

Keilhack: Das Rätsel der Lößbildung (Vortrag i. d. D. Geol. Ges., Sitz. v. 2. Juni 1920). S. 711.

Kempf: Der Thermooszillator (Ztschr. f. Instrumentenkd. H. 10, 1918). S. 58.

Kesslitz, W. v.: Die Beobachtungsergebnisse der Flutstationen (Denkschr. d. Akad. d. Wiss. in Wien, Math.-Naturw. Klasse, Bd. 96, 1919). S. 893.

Klopsteg, Paul E.: Die Messung sehr kurzer Zeiten (Phys. Rev. 15, 1. Jan. 1920). S. 710.

Krebs, N.: Deutsch-Oesterreich (Geograph. Ztschr. H. 2/3, 1919). S. 58.

Krogh, August: The composition of the atmosphere (Kgl. Danske Videnskabernes Selskab. Mathematisk-fysiske Meddelelser I, 12. Kopenhagen 1919). S. 356.

Krüss, H.: Die Grenze der Totalreflexion (Ztschr. f. Instrumentenkd. H. 3, 1919). S. 77.

Krusch: Die künftige Erz- und Kohlenversorgung Deutschlands (Metall u. Erz, S. 293—294, 1919). S. 260.

Kühl, A.: Die Beaufortskala als Empfindlichkeitsgesetz (Meteorol. Ztschr. H. 7/8, 1919). S. 78.

Lauterborn, Robert: Das Plankton des Oberrheins. Über die Fische des strömenden Oberrheins. Charakteristische Elemente der Tierwelt des Oberrheins (Sitzber. der Heidelberger Akad. d. Wiss. 1917). S. 96.

Lehmann, P.: Der Brunnen oder Kut im Plattensee (Petermanns Mitt. 1920, Juniheft). S. 926.

Lense, J.: Zur Frage des Schwarzschildschen Vertex (Astr. Nachr. 210, 59). S. 316.

— Zur Theorie des Momentenellipsoids bei den Eigenbewegungen der Fixsterne (Astr. Nachr. 210, 43). S. 315.

Leverkinck: Über den Einfluß des Windes auf die Gezeiten mit besonderer Berücksichtigung Wilhelmshavens und der Deutschen Bucht (Veröff. d. Observat. in Wilhelmshaven, 1915). S. 17.

Liebetanz, R.: Über Staubexplosionen (Rauch und Staub, S. 53—54, 1919). S. 838.

Lieske: Zur Ernährungsphysiologie der Eisenbakterien (Zentralbl. f. Bakt. 2. Abt. 49, 1919). S. 310.

Ludendorff: Die Sterne vom Typus R. Coronae borealis (Astr. Nachr. 5010). S. 40.

— Zur Statistik der δ Cephei-Sterne (Astron. Nachr. 5006). S. 539.

Marti, M.: Lotung vom fahrenden Schiff aus (Bull. de l'Inst. Océanograph. Nr. 358, Monaco 1919). S. 941.

Martienssen, D.: Ein neuer Kreiselkompaß (Meteorol. Zeitschr. H. 6, 1919). S. 77.

Medinger, P.: Zur Zerstörung der Gas- und Wasserleitungen in gipshaltigem Lehmboden (Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorg. Bd. 61, S. 73 bis 76, 89—91). S. 665.

Millikan, R. A., und B. E. Shackelford: Versuche, durch starke elektrische Felder Elektronen aus Metalloberflächen herauszuziehen (Phys. Rev. Bd. 15, S. 239). S. 1048.

Nagel, Rudolf: Die Verwertung der Glimmwirkung elektrischer Leiter zum Schutze gegen Überspan-

nungen (Arch. f. Elektrotech. H. 10, 1919). S. 410.

Neubauer: Die wahre Größe der Stickstoffnot (Ztschr. f. angew. Chem. 2, 437, 1919). S. 607.

Neuberg, Carl, und Marta Ehrlich: Über die Beziehungen der phytochemisch reduzierbaren Substanzen zum Vorgange der alkoholischen Gärung und über die Natur der Aktivatorwirkung (Biochem. Ztschr. 101, H. 4/5, 1920). S. 610.

— und Jul. Hirsch: Die Korrelation von Acetaldehyd und Glycerin innerhalb der gesamten Gärführung (Biochem. Ztschr. 98, H. 1/3, 1919). S. 289.

— — Über den Verlauf der Gärung bei alkalischer Reaktion (Biochem. Ztschr. 96, H. 1/3, 1919). S. 289.

— und F. F. Nord: Anwendungen der Abfangmethode auf die Bakteriengärungen (Biochem. Ztschr. 96, Heft 1/3, 1919). S. 289.

— und Elsa Reinfurth: Weitere Untersuchungen über die korrelative Bildung von Acetaldehyd und Glycerin bei der Zuckerspaltung (Ber. d. D. Chem. Ges. 52, H. 8, 1919). S. 289.

Neumann, M.: Thermoelemente ohne Platin zur Messung hoher Temperaturen (Chem.-Ctg. Jg. 41, S. 288). S. 412.

Nicholson, J. W.: Die Energieverteilung in den Spektrallinien (Nature 103, S. 495, 1919). S. 354.

Nitzsche: Zerstörung von Beton durch Kalktonerdesulfat (Ztschr. f. angew. Chemie, Bd. 1, S. 21—24, 1919). S. 869.

Nipkow, F.: Vorläufige Mitteilungen über Untersuchungen des Schlammabsatzes im Zürichsee Ztschr. f. Hydrologie I, 1/2 S. 100, 1920). S. 711.

Nishikawa, S., und S. Asahara: Metalluntersuchungen mittels Röntgenstrahlen (Phys. Rev. 15, 38, 1920). S. 640.

Nöldecke, A.: Der Euphrat von Gerger bis Djerebis (Petermanns Mitt., Jan./Febr., 1920). S. 910.

Nothmann-Zuckerkandl: Über die Erregung der Protoplasmaströmung durch verschiedene Strahlenarten (Ber. d. D. Bot. Ges. 33, 1915). S. 478.

Nußbaum, Fr.: Die heutigen Anschauungen über den Bau und die Entstehung der Alpen (Geogr. Anz. H. 1/2, 1919). S. 1047.

Partsch, J.: Die arktischen Elemente in der aralokaspischen Fauna (Ztschr. d. Ges. f. Erdkd., Berlin, H. 1/2, 1918). S. 853.

Passarge, S.: Die Vorzeitformen der deutschen Mittelgebirgslandschaften (Petermanns Mitt., März/April, 1919). S. 114.

Petry, W.: Über die Ergebnisse der Beschießung der Festungen Lüttich, Namur, Antwerpen und Maubeuge sowie des Forts Manonviller im Jahre 1914 (Bauingenieur H. 3. 1920). S. 411.

Pohle: Beiträge zur Kenntnis der westsibirischen Tiefebene (Ztschr. d. Ges. f. Erdk. II. 1/2, 1918, H. 9/10, 1919). S. 910.

Poisson, E.: Das Kryptophon, ein Mittel zur Geheimhaltung von Telephongesprächen (Compt. rend. 169, 1919). S. 38.

Przybyllok, E.: Über die sogenannte Polflut in der Ost- und Nordsee (Veröff. d. Preuß. Geodät. Instit. Neue Folge Nr. 80, 1919). S. 353.

Rateau, Die größtmöglichen Flugstrecken und Geschwindigkeiten (Compt. Rend. 170. Nr. 7, 364 bis 370, 1920). S. 606.

Richter, W. R.: Wetterkundliche Lehrfilme (Meteorol. Ztschr. H. 3/4, 1919). S. 77.

Rosenfeld, Georg: Kriegsjahre in Dänemark und in der Schweiz, verglichen mit Deutschlands Kriegssterblichkeit (Zentralbl. f. inn. Med. Jg. 41, Nr. 17, S. 305—313, 1920). S. 892.

Rüdiger, H.: Grönland (Geograph. Ztschr. H. 11/12. 1918). S. 58.

Rutherford: Über die Abweichungen vom Coulombschen Gesetze in großer Nähe elektrischer Ladungen (Phil. Mag. 37, S. 357, 1919). S. 640.

Ruzicka, L.: Die Grundlagen der Geruchschemie (Chem.-Ztg. Jg. 44, S. 93—94, 129—131, 1920). S. 891.

Schilling: Gasverbrauch in den deutschen Städten (Journ. f. Gasbeleucht. 61, S. 378—380.) S. 355.

Schmauß, A.: Wolkenauflösung durch ein Flugzeug (Meteorol. Ztschr. 36, S. 13, 1919). S. 356.

— Kolloidchemie und Meteorologie (Meteorol. Ztschr. S. 1—8, 1920). S. 610.

Schreiber: Ein Jahr Messungen mit dem Michelsonschen Bimetallaktinometer (Meteorol. Ztschr. H. 5/6, 1919). S. 78.

Schürer v. Waldheim, Hella: Vorgeschichtliche Funde aus Stillfried (Mitt. d. Anthropol. Gesellsch. in Wien, Bd. 48, S. 247). S. 329.

Schweydar, W.: Die Polbewegung in Beziehung zur Zähigkeit und zu einer hypothetischen Magmaschicht der Erde (Veröff. d. preuß. geod. Inst. Neue Folge Nr. 79). S. 315.

— Theorie der Deformation der Erde durch Flutkräfte (Veröff. d. preuß. geod. Inst. Neue Folge Nr. 66). S. 314.

Shapley, H.: Studies based an the colours and magnitudes in stellar clusters (Astrophysic. Journ. Bd. 45). S. 516.

Shinomiya: Farbenempfindlichkeit lichtelektrischer Zellen (Astrophys. Journ. 49, 303). S. 40.

Smekal, A.: Zur Quantentheorie des Paramagnetismus (Ann. d. Phys. Nr. 21, 1918). S. 78.

Söderbäck, Erik: Darstellung und Eigenschaften des freien Rhodans (Liebigs Ann. Bd. 419. S. 217, 1919). S. 287.

Späth, W.: Die Sciroccos der Sinaiwüste (Meteorol. Ztschr. H. 1/2, 1920). S. 499.

Stebbins und Dershem: Ergebnis lichtelektrischer Messungen an der Nova Aquilae Nr. 3 (Astrophys. Journ. 49, 344). S. 40.

Stepp, Wilhelm: Über Röntgentherapie in der inneren Medizin (Strahlentherapie Bd. 10, H. 1, S. 143—190, 1920). S. 941.

Sterneck, R. v.: Die theoretische Erklärung der Beobachtungstatsachen (Denkschr. d. Akad. d. Wiss. in Wien, Math.-Naturw. Klasse, Bd. 96, 1919). S. 893.

Steubing, W.: Spektrale Intensitätsverschiebung und Schwächung der Jodfluoreszenz durch ein magnetisches Feld (Ann. d. Phys. Nr. 1, 1919). S. 78.

Stoll, O.: Die Entwicklung der Völkerkunde von ihren Anfängen bis in die Neuzeit (Mitt. d. geograph.-ethnograph. Ges. Zürich 1917/18, Bd. 18, S. 1—130). S. 926.

Szarvassi, A.: Über die Grundlagen der statistischen Mechanik (Denkschr. d. Wien. Akad. d. Wiss., Bd. 95, 1918). S. 709.

Tausz, J., und M. Peter: Neue Methode der Kohlenwasserstoffanalyse mit Hilfe von Bakterien (Zentralbl. f. Bakt. II. 49, 1919). S. 480.

Wahnsley, Leo: The recent trans-african flight and its lesson (Geograph. Review. Bd. 9. Nr. 3, S. 149—160, 1920). S. 940.

Wanach, B.: Die Chandlersche und die Newcombsche Periode der Polbewegung (Zentralbureau d. internat. Erdmessung, Neue Folge Nr. 34, 1919). S. 640.
Weniger, W., und A. H. Pfund: Das Reflexionsvermögen von Wolfram bei Glühtemperaturen (Phys. Rev. 14, S. 427—433, 1919). S. 355.
Wilkens, A.: Eine Methode der Bahnbestimmung für alle Exzentrizitäten (Astr. Nachr. 210, 81). S. 315.
Wirtz: Über die Bewegung der Sterne 11. Größe (Astron. Nachr. Nr. 5060). S. 870.
Wolf, M.: Zwei Höhlennebel im Cepheus (Astr. Nachr. 5011). S. 396.
Zschokke, W.: Benennung des optischen Glases (Ztschr. f. Instrumentenkd., H. 4, 1918).

Zuschriften an die Herausgeber und vorläufige Mitteilungen.

Bauer, E., Zu den Bemerkungen von L. Ebert über meinen Artikel in Heft 18 d. J. S. 582.
Bonin v., Zur Physiologie der Lebensdauer. S. 475.
Bornemann, Die organische Ernährung bei höheren grünen Pflanzen. S. 496.
Brandt, B., Über den Geruch brechenden Gesteins. S. 689.
Ebert, L., Zur Definition des Lebewesens auf Grund seiner thermodynamischen Eigenschaften. S. 581.
Einstein, A., Antwort auf vorstehende Betrachtung. S. 1010.
Färber, Eduard, Zur Theorie der Zwischenstufen bei chemischen Umwandlungen. S. 497.
Fischer, Armin, Ein neuer Gassparbrenner. S. 603.
Freundlich, Erwin, Zu dem Aufsatze: Die Physik als geometrische Notwendigkeit von Arthur Haas. S. 234.
Hecker, Die deutsche Zentralstelle für Erdbebenforschung. S. 364.
Kirsch, G., Über die Beziehungen zwischen Zerfallskonstante und Reichweite und den Bau des Atomkerns. S. 207.
Kranichfeld, H., Erwiderung. S. 583.
Ladenburg, R., Die Elektronenanordnung in den Elementen der großen Perioden. S. 57.
Laue, M. v., Zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie an der Beobachtung. S. 390, 474.
Lenz, W., Nachtrag zu meinem Aufsatz: Betrachtungen zu Rutherfords Versuchen über die Zerspaltbarkeit des Stickstoffkerns. S. 393.
— Entgegnung auf Herrn Smekals zusätzliche Bemerkungen zu seiner Notiz: Spezielle Relativitätstheorie und Probleme des Atomkerns. S. 812.
Liebreich, E., Über die Ursachen der periodischen Erscheinungen bei der Elektrolyse von Chromsäure und über die Abscheidung metallischen Chroms. S. 747.
Meißner, Otto, Zur Kenntnis des grünen Strahls. S. 583.
Meyer, Stefan, Über den Zusammenhang einiger physikalischer Eigenschaften mit der Elektronenordnung in den Elementen. S. 284.
Pütter, A., Zur Physiologie der Lebensdauer. S. 475.
— Zur Kenntnis des grünen Strahls. S. 497.
Reichenbach, Hans, Über die physikalischen Voraussetzungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung. S. 349.
Reichenbächer, Ernst, Inwiefern läßt sich die moderne Gravitationstheorie ohne die Relativität begründen. S. 1008.
Richardson, Hugh, Die British Association. S. 1045.
Rühl, Alfred, Ein vergessenes Tauchboot. S. 364.
Sieverts, A., Gesammelte Abhandlungen von Robert Bunsen. S. 393.
Silberstein, L., Zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie an der Beobachtung. S. 474.
Smekal, A., Spezielle Relativitätstheorie und Probleme des Atomkerns. S. 206, 512.
— Über den im Hochgebirge bei Steinschlag auftretenden Geruch. S. 496.
Thunberg, T., Die Bezeichnungsweise des Dezimalsystems, angewandt auf prozentuale Verhältnisse, insbesondere Konzentrationsbezeichnungen. S. 391.

Kleine Mitteilungen.

Ablenkung, Über die — eines außerhalb des Prismenhauptschnittes verlaufenden Strahles. S. 58.
Adria, Die Gezeitenerscheinungen in der —. S. 893.
Aerologische Stationen, Vorläufige Ergebnisse militärischer —. S. 500.
Afrika, Seefahrtsbeobachtungen an der Ostküste —. S. 907.
Afrikadurchquerung, Die erste — auf dem Luftwege. S. 940.
Akustische Entfernungsmessung. S. 134.
Alkoholische Gärung, Weiteres über die Beziehungen der Aldehyde zur —. S. 610.
Alpen, Die heutigen Anschauungen über den Bau und die Entstehung der —. S. 1047.
Amazonien, ein Beitrag zur Geographie Äquatorialamerikas. S. 351.
Ameisenmimikry, Das Problem der —. S. 98.
Antidromie, Über Homodromie und — insbesondere bei Gramineen. S. 75.
Argon, Ein neues Verfahren zur Gewinnung von —. S. 483.
Arktische Elemente in der aralokaspischen Fauna. S. 853.
Astronomie, sphärische, Ein didaktisches Hilfsmittel zur —. S. 315.
Astronomische Zeitschrift, Eine neue —. S. 540.
Asymmetrische Entwicklung und Situs inversus viscerum bei Zwillingen und Doppelbildungen. S. 175.
Atmosphäre, Die Zusammensetzung der —. S. 356.
— freie, Der tägliche Gang des Luftdruckes und der Temperatur in der —. S. 78.
Auftauen, Über die Bedeutung der Art des — für die Erhaltung gefrorener Pflanzen. S. 394.
Augen, Wirbeltier-, Das Schema der —. S. 476.
Augenzittern, Über die Beleuchtung der Gruben mit Bezug auf das — der Bergleute. S. 750.
Aushungerung, Die Wirkung der — Deutschlands auf die Berliner Kinder. S. 116.

Auspuffgase der Azetylenmotoren. S. 714.
Azetylenflamme, Über die Energieverteilung im sichtbaren Spektrum der —. S. 354.
Azetylenmotoren, Die Auspuffgase der —. S. 714.
Bahnbestimmung, Eine Methode der — für alle Exzentrizitäten. S. 315.
— von spektroskopischen Doppelsternen. S. 211.
Bakterien, Über die gegenseitige Schädigung und Förderung von —. S. 661.
Bakteriopurpurin, Zur Biologie des — und der Purpurbakterien. S. 308.
Barentsmeer, Untersuchungsfahrt des Reichsforschungsdampfers Poseidon in das — im Juni und Juli 1913. S. 837.
Bastarde, Die Godronschen — zwischen Aegilops- und Triticumarten. S. 77.
Bayern, Kurze starke Regenfälle in —. S. 355.
Beaufortskala als Empfindlichkeitsgesetz. S. 78.
Beleuchtung, Über die — der Gruben mit Bezug auf das Augenzittern der Bergleute. S. 750.
Belichtungszeit, minimale, Über die —, welche die Keimung der Samen von Lythrum Salicaria auslöst. S. 308.
Benzinverbrauch, Der zunehmende — und seine Deckung. S. 137.
Benzol, Nachweis von — in Benzin. S. 607.
Benzolkohlenwasserstoffe, Die Gewinnung von — aus Erdöl. S. 853.
Berg- und Tiefbau, Die Durchforschung der Erdrinde und ihre Nutzbarmachung im —. S. 353.
Bernstein, Über die künstliche Klärung des —. S. 410.
Beton, Schußwirkung auf — und Eisenbeton. S. 411.
— Zerstörung von — durch Kalktonerdesulfat. S. 869.
Bimetallaktinometer, Michelsonsches, Ein Jahr Messungen mit dem —. S. 78.
Blut, Eine chemische Studie über das — verschiedener Wirbelloser. S. 749.
Bolivien, Über Luftspiegelungen und Tromben im Hochlande von —. S. 111.
Brandenburg, Beiträge zur Vogelfauna der Mark —. S. 331.
Brasilien vor dem Kriege. S. 58.
Brennstoffe, Zur Frage der wirtschaftlichen Ausnutzung der —. S. 893.
Brenzkatechin, Über das Vorkommen von — und Hydrochinon in lebenden Pflanzen. S. 838.
Brom, Die Entdeckung des —. S. 894.
δ Cephei, Die Periode von —. S. 369.
— Sterne, Zur Statistik der —. S. 539.
— Veränderliche, Eine neue Theorie der —. S. 211.
Cepheus, Zwei Höhlennebel im —. S. 396.
Characeen, Untersuchungen über die Beeinflussung der Protoplasmaströmung der — durch mechanische und osmotische Eingriffe. S. 1045.
Chininfestigkeit, Die erworbene — der Malariaparasiten. S. 329.
Colonial forms, Reversion in orientation to light in the —. S. 479.
Connecticuttale, Das Leben im — zur Triaszeit. S. 1028.
Coulombsches Gesetz, Über die Abweichungen vom — in großer Nähe elektrischer Ladungen. S. 640.
Cystin, Die Rolle des — bei der Ernährung, gezeigt an Versuchen mit den Eiweißkörpern der Bohne. S. 941.
Deformation der Erde, Theorie der — durch Flutkräfte. S. 314.
Deutschland, Geburtenrückgang in —. S. 112.
— Kritische Studien zu Glazialfragen —. S. 835.
Deutsch-Österreich. S. 58.
Deutsch-Ostafrika, Das abflußlose Rumpfschollenland im nordöstlichen —. S. 909.
Dissoziationszustand der Fixsterngase. S. 480.
Düngemittel, Sulfitablage als —. S. 925.
Düngezwecke, Die direkte Verwendung von rohem Gaswasser zu —. S. 837.
Eigenblutinfusion, Über —. S. 890.
Einsteinsche Gravitationstheorie, Die Rotverschiebung der Spektrallinien zur Prüfung der —. S. 177.
Eisenbakterien, Zur Ernährungsphysiologie der —. S. 310.
Eisenbeton, Schußwirkung auf Beton und —. S. 411.
Eisenerze Spitzbergens. S. 39.
Elastische Aufbiegung, Der Einfluß der — der Balance einer Unruh auf die Schwingungsdauer. S. 58.
Elektrizitätsversorgung, Einheitliche — in England. S. 482.
Elektrolyte, Kolloidale —. S. 838.
Elektronen, Versuche, durch starke elektrische Felder — aus Metalloberflächen herauszuziehen. S. 1048.
Elemente, Isotope —. S. 289, 607.
Ellipsoidhypothese in den Spezialbewegungen der Fixsterne. S. 540.
Elodeablätter, Über Zellteilungen in — nach Plasmolyse. S. 307.
Empfindlichkeitsgesetz, Die Beaufortskala als —. S. 78.
Energieverteilung in den Spektrallinien. S. 354.
— im sichtbaren Spektrum der Azetylenflamme. S. 354.
Entfernungsmessung, Akustische —. S. 135.
Entgasung des Kesselspeisewassers. S. 408.
Erblichkeit, Variabilität und —. S. 480.
Erdharz. S. 1031.
Erdkruste, Neuere Anschauungen über den Aufbau der —. S. 350.
Erdkundlicher Unterricht, Beiträge zum —. S. 638.
Erdöl, Die Gewinnung von Benzolkohlenwasserstoffen aus —. S. 853.
Erdrinde, Die Durchforschung der — und ihre Nutzbarmachung im Berg- und Tiefbau. S. 353.
Erdrutsch, Über einen — im Fläming. S. 894.
Erkrankungen und Todesfälle unter der Bevölkerung von Wolhynien und Polen im Gebiete des Bug und Pripet. S. 113.
Ernährungsphysiologie der Eisenbakterien. S. 310.
Erz- und Kohlenversorgung, Die künftige — Deutschlands. S. 260.
Euphratkarte, Eine neue —. S. 910.
Exkrete, Zur Physiologie und Biologie der —. S. 309.
Explosionen, Über Staub-. S. 838.
Exzentrizitäten, Eine Methode der Bahnbestimmung für alle —. S. 315.
Färbung, schwarze, Die Entstehung der — bei den Pflanzen. S. 1046.
Farbenempfindlichkeit lichtelektrischer Zellen. S. 40.
Fauna, aralokaspische, Die arktischen Elemente in der —. S. 853.
Faunistische Prinzipien. S. 332.
Fett, Über das — der Noctiluca miliaris. S. 925.
Fettminimum des Menschen. S. 117.

Filme, Lehr —, Wetterkundliche —. S. 77.
Fische, Über die — des strömenden Oberrheins. S. 96.
Fixsterne, Über die Eigenbewegungen der —. S. 539.
— Die Ellipsoidhypothese in den Spezialbewegungen der —. S. 540.
— Zur Theorie des Momentenellipsoids bei den Eigenbewegungen der —. S. 315.
Fixsterngase, Über den Dissoziationszustand der —. S. 480.
Fläming, Über einen Erdrutsch im —. S. 894.
Fluggeschwindigkeiten, Die größtmöglichsten Flugstrecken und —. S. 606.
Flugzeug, Wolkenauflösung durch ein —. S. 356.
Flugzeuge, Die wahre Neigung von —. S. 38.
Flugzeugexpedition, Die englische — zum Südpol. S. 313.
Flußmäander, Eine Theorie der —. S. 481.
Flutkräfte, Theorie der Deformation der Erde durch —. S. 314.
Freiballon, Zur Mechanik des —. S. 136.
Gärung, alkoholische, Weiteres über die Beziehungen der Aldehyde zur —. S. 610.
Gärungschemie, Neue Ergebnisse in der —. S. 289.
Gas-Sparbrenner, Ein neuer —. S. 483.
Gasverbrauch in den deutschen Städten. S. 355.
Gaswasser, rohes, Die direkte Verwendung von — zu Düngezwecken. S. 837.
Gas- und Wasserleitungen, Zur Zerstörung der — in gipshaltigem Lehmboden. S. 665.
Gebirgswinde, Über die — in den Mittleren Vogesen. S. 78.
Geburtenrückgang in Deutschland. S. 112.
Geisselbewegung, Zur Mechanik der —. S. 957.
Gemütsbewegungen, Körperliche Veränderungen im Gefolge von —. S. 890.
Geographie. S. 115.
Geographische Grundlagen für den Bedarf an Motorpflügen auf der Erde. S. 349.
Geophysikalische Gesellschaft, Schwedische —. S. 1048.
Geotropismus, Neuere Arbeiten über Phototropismus und —. S. 479.
Geruchschemie, Die Grundlagen der —. S. 891.
Geschlechtsmerkmale, Sekundäre — und Kastration. S. 329.
Gesundheitsstatistik, Eine — der männlichen Bevölkerung in England. S. 748.
Gezeiten, Über den Einfluß des Windes auf die — mit besonderer Berücksichtigung Wilhelmshavens und der Deutschen Bucht. S. 17.
Gezeitenerscheinungen in der Adria. S. 893.
Glas, optisches, Benennung des —. S. 58.
Glazialfragen, Kritische Studien zu — Deutschlands. S. 835.
Glimmwirkung, Die Verwertung der — elektrischer Leiter zum Schutze gegen Überspannungen. S. 410.
Godronsche Bastarde zwischen Aegilops- und Triticumarten. S. 77.
Gramineen, Über Homodromie und Antidromie, insbesondere bei —. S. 75.
Grauer Streifen auf der Scheibe des III. (hellsten) Jupitermondes. S. 292.
Gravitationstheorie, Einsteinsche, Die Rotverschiebung der Spektrallinien zur Prüfung der —. S. 177.
Grönland. S. 58.
Grüner Strahl, Zur Kenntnis des —. S. 481.
Haarkleidwechsel, Über Hautzeichnung bei Säugetieren infolge des —. S. 869.
Haptotropismus, Das Resultantengesetz beim —. S. 308.
Hautzeichnung bei Säugetieren infolge des Haarkleidwechsels. S. 869.
Heizöl, Kohlen-, ein neuer Brennstoff. S. 854.
Helianthus annuus, Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Wasserleitungsbahn und Transpirationsverhältnissen bei —. S. 663.
Helligkeit des Planeten Saturn. S. 291.
Hermaphroditismus bei Triton cristatus. S. 332.
Hochfrequenzspektra, Die M-Serie der —. S. 640.
Höhlen der Rheinpfalz. S. 350.
Höhlennebel, Zwei — im Cepheus. S. 396.
Hören, Über das — unter Wasser. S. 117.
Homodromie, Über — und Antidromie, insbesondere bei Gramineen. S. 75.
Hornzähne, Über die — der Zyklostomen und ihre phylogenetische Bedeutung. S. 477.
Hydratnatur, Die Frage nach der — der Zeolithe. S. 259.
Hydrochinon, Über das Vorkommen von Brenzkatechin und — in lebenden Pflanzen. S. 838.
Immunität der einjährigen Pflanzen gegenüber den symbiotischen Pilzen. S. 942.
Intensitätsverschiebung, Spektrale — und Schwächung der Jodfloureszenz durch ein magnetisches Feld. S. 78.
Isotope Elemente. S. 289, 607.
Italien, Zur Wirtschaftsgeographie —. S. 57.
Jupitermond, Ein grauer Streifen auf der Scheibe des III. (hellsten) —. S. 292.
Kalktonerdesulfat, Zerstörung von Beton durch —. S. 869.
Kamerun im Weltkriege. S. 610.
Karnak, Pflanzenbilder im Tempel von —. S. 59.
Kartographie, Kriegsfortschritte der —. S. 114.
Kastration, Sekundäre Geschlechtsmerkmale und —. S. 329.
Keimdrüsentransplantationen beim Schwammspinner. S. 477.
Keimzellen, Die geschlechtliche Tendenz der — gemischtgeschlechtlicher Pflanzen. S. 662.
Kesselspeisewasser, Über die Entgasung des —. S. 408.
Kleinasien, Die Vegetation des westlichen —. S. 330.
Klimaschwankungen, Die Ursachen der — der Vorzeit, besonders der Eiszeiten. S. 483.
Kloet, Die Vulkan-Katastrophe des — auf Java. S. 39.
Körperliche Veränderungen im Gefolge von Gemütsbewegungen. S. 890.
Kohle, Verwitterung der —. S. 406.
Kohlen, Die Selbstentzündung der —. S. 310.
Kohlenheizöl, ein neuer Brennstoff. S. 854.
Kohlenoxydfreies Leuchtgas. S. 137.
Kohlensäureassimilation, Notiz zur — von Neottia. S. 1046.
Kohlenwasserstoffanalyse, Neue Methode der — mit Hilfe von Bakterien. S. 480.
Kolloidale Elektrolyte. S. 838.
Kolloidchemie und Meteorologie. S. 610.
Kreiselkompaß, Ein neuer —. S. 77.
Kriegssterblichkeit, Kriegsjahre in Dänemark und in der Schweiz, verglichen mit Deutschlands —. S. 892.
Kryptophon, ein Mittel zur Geheimhaltung von Telephongesprächen. S. 38.

K-Serie der Röntgenstrahlen. S. 640.
Lager umlaufender Wellen, Eine optische Methode zur Bestimmung der Dicke der Ölschicht in den —. S. 605.
Lagrangesche Dreieckspunkte, Asymptotische Satellitenbahnen in der Nähe der —. S. 395.
Leben, Über die Kunst, das — der Pflanze zu verlängern. S. 308.
Lehmboden, gipshaltiger, Zur Zerstörung der Gas- und Wasserleitungen in —. S. 665.
Leuchtgas, Kohlenoxydfreies —. S. 137.
Lichtablenkung, Jährliche Refraktion und — in der Nähe der Sonne. S. 814.
Lichtelektrische Messungen, Ergebnis — an der Nova Aquilae Nr. 3. S. 40.
Lichtelektrische Zellen, Farbenempfindlichkeit —. S. 40.
Lichtintensität, Über die Reaktionen freibeweglicher pflanzlicher Organismen auf plötzliche Änderungen der —. S. 956.
Lichtkurven, Künstliche —. S. 500.
Lößbildung, Das Rätsel der —. S. 711.
Lop-nor-Gebiet, Aurel Steins Forschungsreise im —. S. 498.
Lotung vom fahrenden Schiff aus. S. 941.
Luftdruck, Der tägliche Gang des — und der Temperatur in der freien Atmosphäre. S. 78.
Luftfahrt, Mechanisch-physikalische Probleme der —. S. 663.
Luftreinigung, Die elektrische —. S. 750.
Luftspiegelungen und Tromben im Hochlande von Bolivien. S. 111.
Luftstickstoffindustrie in Amerika. S. 482.
Lufttemperatur, Die Verteilung der — in Deutschland. S. 498.
Luftweg, Die erste Afrikadurchquerung auf dem —. S. 940.
Lythrum Salicaria, Über die minimale Belichtungszeit, welche die Keimung der Samen von — auslöst. S. 309.
Magendarmkanal, Das Schicksal des Streptococcus haemolyticus im —. S. 891.
Malariabekämpfung beim Palästinafeldzug. S. 892.
Malariaparasiten, Die erworbene Chininfestigkeit der —. S. 329.
Mechanik, statistische, Über die Grundlagen der —. S. 709.
Meeresforschung, Die deutsche wissenschaftliche Kommission für —. S. 892.
Mendelsche Spaltung, Über das Sichtbarwerden der — im Pollen von Oenotherabastarden. S. 309.
Merkwürdiges Objekt. S. 1032.
Metalluntersuchungen mittels Röntgenstrahlen. S. 640.
Metallvergiftung, Über die Selbstregeneration eines Enzyms nach —. S. 664.
Meteorologentag, Deutscher — in Leipzig. S. 1032.
Meteorologie, Kolloidchemie und —. S. 610.
Metopismus am menschlichen Schädel. S. 176.
Michelsonsches Bimetallaktinometer, Ein Jahr Messungen mit dem —. S. 78.
Mimikry, Ameisen-, Das Problem der —. S. 98.
Mittelländisches Meer, Internationale Kommission zur wissentschaftlichen Erforschung des —, S. 892.
Momentenellipsoid, Zur Theorie des — bei den Eigenbewegungen der Fixsterne. S. 315.
Mond- und Rangoonbohnen, indische, Die Beurteilung der —. S. 889.
Motorpflüge, Die geographischen Grundlagen für den Bedarf an — auf der Erde. S. 349.
M-Serie der Hochfrequenzspektra. S. 640.
Nahrungstrieb, Der — des Menschen. S. 748.
Nauennummer der Telefunken-Zeitung. S. 258.
Neonlampe für stroboskopische Zwecke. S. 604.
Neottia, Notiz zur Kohlensäureassimilation von —. S. 1046.
Nobelpreis, Der diesjährige — für Medizin. S. 1011.
Noctiluca miliaris, Über das Fett der —. S. 925.
Nordsee, Die Polflut in der — und Ostsee. S. 353.
Nova Aquilae 3, Beobachtungen der Helligkeit, des Farbenindex und des Spektrums der —. S. 500.
Nova Cygni. S. 798.
Ob, Der —. S. 910.
Oberrhein, Das Plankton des —. S. 96.
Ölmaschine, Der Verbrennungsvorgang in der —. S. 867.
Oenothera fallax Renner und die Nomenklatur der Oenotherenbastardierungen. S. 1047.
Oenotherabastarde, Über das Sichtbarwerden der Mendelschen Spaltung im Pollen von —. S. 309.
Optische Methode zur Bestimmung der Dicke der Ölschicht in den Lagern umlaufender Wellen. S. 605.
Optisches Glas, Benennung des —. S. 58.
Organismen, Über die Reaktionen freibeweglicher pflanzlicher — auf plötzliche Änderungen der Lichtintensität. S. 956.
Osmiumtetroxyd, Über einige physiologische Wirkungen des —. S. 1047.
Ostafrika, Deutsch-, Das abflußlose Rumpfschollenland im nordöstlichen —. S. 909.
— Portugiesisch-, Der Norden von —. S. 351.
Ostsee, Die Polflut in der Nordsee und in der —. S. 353.
Paläoklimatische Forschung, Die hauptsächlichsten Fundamentalsätze der —. S. 113.
Palästina, Sciroccobeobachtungen im südwestlichen Teile —. S. 77.
Paramagnetismus, Zur Quantentheorie des —. S. 78.
Pflanzenbilder im Tempel von Karnak. S. 59.
Photo- und Geotropismus, Neuere Arbeiten über —. S. 479.
Photodynamische Stoffe, Über die Wirkung der —. S. 958.
Photometrie, photographische, heller Sterne. S. 316.
Phototrope Erscheinungen, Über die Abhängigkeit der — von der Größe der beleuchteten Fläche. S. 310.
Phototropische Fundamentalversuche, Neue —. S. 661.
Pilze, symbiotische, Die Immunität der einjährigen Pflanzen gegenüber den —. S. 942.
Pilzmycel, Untersuchungen über die Entwicklungsphysiologie des —. S. 1046.
Plankton des Oberrheins. S. 96.
Plasmolyse, Über Zellteilungen in Elodeablättern nach —. S. 307.
Plattensee, Vom —. S. 926.
Pogsons schneidende Kurve, Die Hauptphasen veränderlicher Sterne, berechnet mit —. S. 316.
Polarflecke, sehr helle, Beobachtung — des Planeten Venus. S. 292.
Polargebiete, Das Klima der —. S. 312.
Polbewegung, Die Chandlersche und die Newcombsche Periode der —. S. 640.
— in Beziehung zur Zähigkeit und zu einer hypothetischen Magmaschicht der Erde. S. 314.
Polflut in der Nord- und Ostsee. S. 353.
Portugiesisch-Ostafrika, Der Norden von —. S. 351.

Protoplasmaströmung, Über die Erregung der — durch verschiedene Strahlenarten. S. 478.
— Untersuchungen über die Beeinflussung der — der Characeen durch mechanische und osmotische Eingriffe. S. 1045.
Punguefluß, Eine Fahrt auf dem — in Mosambik. S. 852.
Purpurbakterien, Zur Biologie des Bakteriopurpurins und der —. S. 308.
Quantentheorie des Paramagnetismus. S. 78.
Radioaktivität und Relativitätstheorie. S. 609.
Ramuswirkung, Schiffswiderstand und — bei Stufenbooten. S. 1030.
Rangoonbohnen, Die Beurteilung der indischen Mondbohnen und —. S. 889.
R. Aquarii. S. 292.
Rassehygiene, Brauchen wir eine —? S. 836.
— Die Grundirrtümer der heutigen —. S. 891.
Rationierungsmethoden in Deutschland und Dänemark. S. 339.
Rats, The prevention and destruction of —. S. 713.
Reflexionsvermögen, Das — von Wolfram bei Glühtemperaturen. S. 355.
Refraktion, Jährliche — und Lichtablenkung in der Nähe der Sonne. S. 814.
— jährliche, Neue Untersuchungen über die —. S. 514.
Regenfälle, Kurze starke — in Bayern. S. 355.
Relativitätstheorie, Radioaktivität und —. S. 609.
— Die Ergebnisse der totalen Sonnenfinsternis vom 29. Mai und die —. S. 20.
Rheinpfalz, Die Höhlen der —. S. 350.
Rhodan, freies, Darstellung und Eigenschaften des —. S. 286.
Röntgenstrahlen, Die K-Serie der —. S. 640.
— Metalluntersuchungen mittels —. S. 640.
Röntgentherapie, Über — in der inneren Medizin mit besonderer Berücksichtigung der Erzeugung und Verwertung von Sekundärstrahlen durch Einbringung von Eigenstrahlen in den Körper. S. 941.
Rotverschiebung der Spektrallinien zur Prüfung der Einsteinschen Gravitationstheorie. S. 177.
Salzgehaltmeßgeräte. S. 16.
Satellitenbahnen, Asymptotische — in der Nähe der Lagrangeschen Dreieckspunkte. S. 395.
Saturn, Die Helligkeit des Planeten —. S. 291.
Saturnring, Zur Theorie der Helligkeit des —. S. 586.
Schädel, menschlicher, Der Metopismus am —. S. 176.
Schädelfund, Ein bemerkenswerter —. S. 328.
Schiffsgeschwindigkeitsmesser. S. 257.
Schiffswiderstand und Ramuswirkung bei Stufenbooten. S. 1030.
Schilddrüsenhormon, Die Wirkungen des —. S. 890.
Schlammschichtung in Süßwasserseen. S. 711.
— Tiefenfauna und —. S. 712.
Schneegrenzen und Vergletscherungsgrenze. S. 39.
Schußwirkung auf Beton und Eisenbeton. S. 411.
Schwammspinner, Keimdrüsentransplantationen beim —. S. 477.
Schwarzschildscher Vertex. Zur Frage des —. S. 316.
Schwedische geophysikalische Gesellschaft. S. 1048.
Sciroccobeobachtungen im südwestlichen Teile Palästinas. S. 77.
Sciroccos der Sinaiwüste. S. 499.
Seefahrtsbeobachtungen von der Ostküste Afrikas. S. 907.
Segelflug, Studien über den — in Hoch-Guinea. S. 942.
Selbstentzündung der Kohlen. S. 310.
Selbstverstärkung, Der Vorgang der —. S. 330.
Sinaiwüste, Die Sciroccos der —. S. 499.
Sonnenfinsternis, totale, Die Ergebnisse der — vom 29. Mai und die Relativitätstheorie. S. 20.
Spectral color, The relation between — and stimulation in the lower organism. S. 479.
Spektrallinien, Die Energieverteilung in den —. S. 354.
Spiralnebel, Zur Bildung der —. S. 367.
— Die Stellung der kugelförmigen Sternhaufen und der — zu unserem Sternsystem. S. 368.
Spirillen, Die Bewegung und Reizbeantwortung der bipolar begeißelten —. S. 957.
Spitzbergen, Die Eisenerze —. S. 39.
S Sagittae, Neue spektroskopische Bahnelemente von — und SU Cygni. S. 539.
Statistische Mechanik, Über die Grundlagen der —. S. 709.
Staubexplosionen, Über —. S. 838.
Stein, Aurel — Forschungsreise im Lop-nor-Gebiet. S. 498.
Stellar clusters, Studies based on the colours and magnitudes in —. S. 516.
Sterblichkeit, Kriegs-, Kriegsjahre in Dänemark und in der Schweiz, verglichen mit Deutschlands —. S. 892.
Stern, Ein neuer —. S. 292.
Sterne, Auffindung zweier neuer —. S. 396.
— vom Typus R Coronae borealis. S. 40.
— 11. Größe, Über die Bewegung der —. S. 870.
Sternhaufen, kugelförmige, Die Stellung der — und der Spiralnebel zu unserem Sternsystem. S. 368.
Stickstoff in Wirtschaft und Technik. S. 867.
Stickstoffnot, Die wahre Größe der —. S. 607.
Stillfried, Vorgeschichtliche Funde aus —. S. 329.
Stimulation, The relation between spectral color and — in the lower organism. S. 479.
Stötznersche Szetschwan-Expedition. S. 112.
Strahl, Über die Ablenkung eines außerhalb des Prismenhauptschnittes verlaufenden —. S. 58.
Streptococcus haemolyticus, Das Schicksal des — im Magendarmkanal. S. 891.
Stufenboote, Schiffswiderstand und Ramuswirkung bei —. S. 1030.
SU Cygni, Neue spektroskopische Bahnelemente von S Sagittae und —. S. 539.
Südamerika, Tiergeographische Strandbeobachtungen von der Westküste —. S. 286.
Südpol, Die englische Flugzeugexpedition zum —. S. 312.
Süßwasserseen, Die Besiedelung der Tiefe von —. S. 712.
Sukkulenten, Über die Biologie der —. S. 395.
Sulfitablage als Düngemittel. S. 925.
Szetschwan-Expedition, Die Stötznersche —. S. 112.
Telephongespräche, Das Kryptophon, ein Mittel zur Geheimhaltung von —. S. 38.
Temperatur, Der tägliche Gang des Luftdruckes und der — in der freien Atmosphäre. S. 78.
Temperaturen, hohe, Thermoelemente ohne Platin zur Messung —. S. 412.

Terrestrial Magnetic Variations and their Connection with Solar Emissions which are Absorbed in the Earth's Outer Atmosphere. S. 499.
Thermoelemente ohne Platin zur Messung hoher Temperaturen. S. 412.
Thermooszillator. S. 58.
Thermotropismus, Untersuchungen über den — der Pflanzen. S. 76.
Tiefenfauna und Schlammschichtung. S. 712.
Tiergeographische Strandbeobachtungen von der Westküste Südamerikas. S. 286.
Tierkreislicht, Ein bemerkenswerter Fall von —. S. 666.
Tierwelt, Charakteristische Elemente der — des Oberrheins. S. 96.
Todesfälle, Erkrankungen und — unter der Bevölkerung in Wolhynien und Polen im Gebiete des Bug und Pripet. S. 113.
Totalreflexion, Die Grenze der —. S. 77.
Transpirationsverhältnisse, Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Wasserleitungsbahn und — bei Helianthus annuus. S. 663.
Triaszeit, Das Leben im Connecticuttale zur —. S. 1028.
Trigonometrie, sphärische, Über die Formeln der —. S. 315.
Tromben, Über Luftspiegelungen und — im Hochlande von Bolivien. S. 111.
Überspannungen, Die Verwertung der Glimmwirkung elektrischer Leiter zum Schutze gegen —. S. 410.
U Geminorum-Typus, Ein neuer Vertreter des seltenen —. S. 292.
Ultraviolettes Spektrum, Eine bedeutsame Erweiterung des — nach kurzen Wellenlängen hin. S. 866.
Variabilität und Erblichkeit. S. 480.
Vaucheria, Künstliche haploide Parthenogenese bei — und die geschlechtliche Tendenz der Keimzellen gemischtgeschlechtlicher Pflanzen. S. 1046.
Venus, Beobachtung sehr heller Polarflecke des Planeten —. S. 292.
Veränderliche, Nachrichten über verschiedene —. S. 396.
Veränderliche Sterne, Die Hauptphasen — berechnet mit Pogsons schneidender Kurve. S. 316.
Verbrennungsvorgang in der Ölmaschine. S. 867.
Vergletscherungsgrenze, Schneegrenzen und —. S. 39.
Verschiebungsregel, Über die Anwendung der — auf gleichzeitig α- und β-Strahlen aussendende Substanzen. S. 710.
Verwitterung der Kohle. S. 406.
Viscosity of the earth. S. 641.
Vitaminpräparat, Die Darstellung eines beständigen — und sein Wert bei der Ernährung. S. 749.
Völkerkunde, Die Entwicklung der — von ihren Anfängen bis in die Neuzeit. S. 926.
Vogelfauna, Beiträge zur — der Mark Brandenburg. S. 331.
Vogesen, mittlere, Über die Gebirgswinde in den —. S. 78.
Vorgeschichtliche Funde aus Stillfried. S. 329.
Vorticellide (Systylis Hoffi), Über eine neue —. S. 97.
Vorzeitformen der deutschen Mittelgebirgslandschaften. S. 114.
Vulkan-Katastrophe des Kloet auf Java. S. 39.
Wachstumskurven, Über Form und Darstellung der —. S. 1047.
Wachstumsmedium, Die Beeinflussung unterirdisch wachsender Organe durch den mechanischen Widerstand des —. S. 662.
Wärmeäquivalent, mechanisches, Über den Wert des —. S. 78.
Walfischblut, Eine chemische Studie über das —. S. 749.
Webersches Gesetz in der Pflanzenphysiologie. S. 478.
Weinbau, badischer, Die Zukunft des —. S. 394.
Wetterkundliche Lehrfilme. S. 77.
Wind, Über den Einfluß des — auf die Gezeiten mit besonderer Berücksichtigung Wilhelmshavens und der Deutschen Bucht. S. 17.
Wirbelloser, Eine chemische Studie über das Blut verschiedener —. S. 749.
Wirbeltieraugen, Das Schema der —. S. 476.
Wirtschaftsgeographie, Zur — Italiens. S. 57.
Wolfram, Das Reflexionsvermögen von — bei Glühtemperaturen. S. 355.
Wolkenauflösung durch ein Flugzeug. S. 356.
Zeiten, kurze, Die Messung sehr —. S. 710.
Zelle, Die künstliche —. S. 1047.
Zellteilungen in Elodeablättern nach Plasmolyse. S. 307.
Zeolithe, Die Frage nach der Hydratnatur der —. S. 259.
Zimmerpflanzen, Über die Erkrankung der —. S. 59.
Zostera marina L., Das Wachstum der —. S. 1046
Zyklostomen, Über die Hornzähne der — und ihre phylogenetische Bedeutung. S. 477.

Berichte gelehrter Gesellschaften.

Sitzungsberichte der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. S. 98.
— der Heidelberger Akademie der Wissenschaften. S. 138.
— der Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg. S. 177.
— der Oberhessischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. S. 179.
— der Preußischen Akademie der Wissenschaften. S. 59, 79.
— der Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. S. 119.
— der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur. S. 235.
— der Akademie der Wissenschaften in Wien. S. 369, 427.

Druck von H. S. Hermann & Co., Berlin

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 1. (Seite 1—20) **2. Januar 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Über die Frage der Schmerznerven. Von *Alfred Goldscheider, Berlin-Charlottenburg.* S. 1.

Die Elektronenordnung in den Elementen der großen Perioden. Von *Rudolf Ladenburg, Breslau.* S. 5.

Besprechungen:

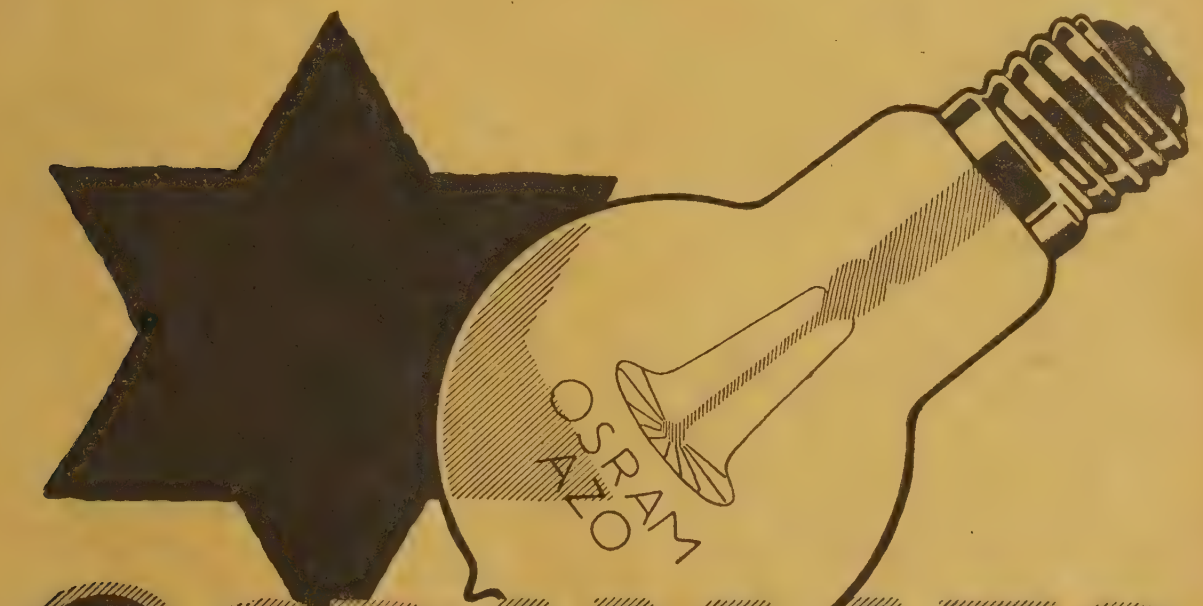
Schlick, Moritz, Allgemeine Erkenntnislehre. Von *Th. Ziehen, Halle.* S. 11.

Tendeloo, N. Ph., Allgemeine Pathologie. Von *H. Ribbert, Bonn.* S. 13.

Coenen, Hermann, Der Gasbrand. Von *O. Wassertrüdinger, Berlin.* S. 14.

Riecke, Lehrbuch der Physik. Von *Hartmut Kallmann, Berlin-Westend.* S. 14.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten: Salzgehalt-Meßgeräte. Über den Einfluß des Windes auf die Gezeiten mit besonderer Berücksichtigung Wilhelmshavens und der Deutschen Bucht. Die Ergebnisse der totalen Sonnenfinsternis vom 29. Mai und die Relativitätstheorie. S. 16—20.



OSRAM-AZO

Gasgefüllte Lampen bis 2000 Watt

OSRAMWERKE
G.m.b.H. Kommanditgesellschaft
BERLIN O.17

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der Biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 12.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.20.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.
Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 % Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser, Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Bernstein-Sammlungen

mit Belegstücken über das Vorkommen, die Entstehung und die Verwendung von Bernstein; sowie einzelne Stücke mit tierischen und pflanzlichen Einschlüssen liefern

Staatliche Bernsteinwerke
Königsberg i. Pr.
(152

Lichtbilder
für Projektion
aus allen Gebieten der Wissenschaft, Kunst, Völkerkunde etc.

Projektionsapparate
A. Krüss
Optisch-Mechanische Werkstätten
Inhaber: Prof. Dr. **Hugo Krüss,**
Hamburg 11.

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang Berlin
Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche
Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

Die Naturwissenschaften
1915, 1916
zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 167** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten.
(167

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Allgemeine Erkenntnislehre
Von **Moritz Schlick**
1918. Preis M. 18.—; gebunden M. 20.40
Vorzugspreis für die Abonnenten der „Naturwissenschaften" M. 14.40; gebunden M. 16.80

Allgemeine Pathologie
Von Professor Dr. **N. Ph. Tendeloo**
Mit 354 vielfach farbigen Abbildungen.
1919. Preis M. 48.—; gebunden M. 54.—

Der Gasbrand
Von Oberarzt Professor Dr. **Hermann Coenen**
Mit 42, zum Teil farbigen Abbildungen.
1919. Preis M. 12.—

Siehe Besprechungen auf Seite 11 ff. dieser Nummer!

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. **2. Januar 1920.** **Heft 1.**

Über die Frage der Schmerznerven.

Von Alfred Goldscheider, Berlin-Charlottenburg.

Es ist nicht meine Absicht, hier das gesamte Schmerzproblem aufzurollen, sondern nur einen allerdings sehr wichtigen Anteil desselben, nämlich die Frage, ob der Schmerz durch spezifische Nerven ermittelt wird, zu besprechen. Als unanfechtbar ist anzusehen, daß der Schmerz nicht identisch ist mit einem einfachen Unlustgefühl, wie es alle Empfindungen begleiten kann, und daß er daher nicht allen empfindungsvermittelnden Nerven zukommt. Im Bereich der Gesichts-, Gehörs-, Geschmacks-, Geruchs- und Temperaturempfindungen gibt es keinen Schmerz. Der Blendungsschmerz, die schmerzhafte Empfindung bei schrillen Tönen usw. werden durch Miterregung gewisser sensibler Nerven, nicht durch die betreffenden spezifischen Sinnesnerven selbst zugeleitet. Nur der sogen. fünfte Sinn, der Gefühlssinn, welcher die Tastempfindungen, die Sensibilität der Haut und der verschiedenen Organe und Gewebe für mechanisch bedingte Erregungen umfaßt, und aus welchem der Temperatursinn als ein spezifischer Sinn ausgeschieden worden ist, ist der Schmerzempfindung fähig. Die ältere Anschauung geht dahin, daß die „Gefühlsnerven" schmerzhaft erregt werden, wenn die Reizung ein gewisses Maß der Intensität überschreitet, wobei zu beachten ist, daß diese Nerven nicht bloß mechanisch, sondern wie andere Nerven auch elektrisch, chemisch oder thermisch erregt werden können. Eine Unterfrage ist es, ob diese stärkere, schmerzhafte Erregung von denselben zentralen Ganglienzellen in Empfindung umgesetzt wird, welche den Sitz der unterschmerzlichen Empfindungen bilden, oder ob es ein besonderes Schmerzzentrum gibt, welchem sie zugeleitet werden. Die Annahme eines solchen würde erfordern, daß sich die Leitungsbahnen für die Schmerzempfindung irgendwo von denjenigen der unterschmerzlichen absondern. Gewisse pathologische und experimentell gewonnene Erfahrungen sprechen dafür, daß die Schmerzempfindung durch die graue Substanz des Rückenmarks (Hinterhorn) geleitet wird, während die Tastempfindung und der Muskelsinn auch bei Zerstörung der grauen Substanz erhalten bleiben, ihren Weg somit durch die weiße Substanz finden. So entstand die Vermutung, daß die sensible Bahn sich im Rückenmark spalte (*Schiff, Funke*). Was die Frage eines etwaigen Schmerzzentrums betrifft, so müßte dieses nach den Versuchen von *H. Munk* in derselben Gehirnregion liegen, welche die Zentren für Berührungs- und Druckempfindung enthält.

Neuerdings ist nun von *Frédéricq*, besonders aber von *v. Frey*, die Lehre aufgestellt worden, daß es *spezifische Nerven* sind, welche die Schmerzempfindung vermitteln, und daß nur durch die Erregung dieser Nerven Schmerz entstehen könne. Es gebe somit einen eigenen, dem Gesichts-, Gehörs- usw. Sinn gleichwertigen Schmerzsinn mit einem eigenen Nervenapparat. Die auf scheinbar sehr exakte Beobachtungen und Versuche gestützte Lehre von *v. Frey* hat zahlreiche Anhänger gefunden, so daß sie im Begriff steht, allgemein anerkannt zu werden, und auch in die klinische Medizin und Psychologie eindringt. *v. Frey* geht von den sogen. Schmerzpunkten der Haut aus. Ich hatte als solche schon viel früher als *v. Frey* gewisse Punkte bezeichnet, an welchen ein sehr schwacher punktförmiger Reiz eine auffallende Schmerzempfindung auslöst, diese Punkte aber nicht als Endigungen besonderer Schmerznerven angesehen. Ich wies in dieser Beziehung darauf hin, daß, wenn ich Schmerzpunkte bestimmt hatte und nun durch starke Pressung die Sensibilität abstumpfte, diese Punkte jetzt bei der gleichen Art der Reizung nicht mehr jene stechende Schmerzempfindung, sondern eine unterschmerzliche matt-stechende Empfindung ergaben. *v. Frey*, welcher mittels geeichter Reizhaare sehr genaue Reizschwellenbestimmungen an der Haut ausführte, fand gleichfalls solche Schmerzpunkte, deutete sie aber in dem Sinne, daß sie die Endigungen spezifischer Schmerznerven enthalten. Er stützt sich dabei auf folgende von ihm gemachte Beobachtungen: 1. Es gelinge bei Anwendung von Schwellenreizen häufig an den Schmerzpunkten eine reine Schmerzempfindung ohne gleichzeitige Berührungsempfindung zu erzeugen; wo letztere bei überminimalen Reizen auftrete, beruhe sie auf Miterregung von Druckpunkten durch die ausgebreitete Deformation der Haut. 2. Die Druckpunkte seien schmerzunempfindlich. 3. Die Hornhaut und Bindehaut des Auges seien nicht imstande, Berührungs-, sondern nur Schmerzempfindungen zu vermitteln. Das gleiche gelte für die Nerven des Zahnmarks. 4. Die Schmerzpunkte unterscheiden sich von den Druckpunkten durch ihre Reizbarkeit und Empfindung so wesentlich, daß sie auf einen gesonderten Nervenapparat bezogen werden müssen. Die Reizschwelle der ersteren sei im allgemeinen erheblich höher (unter Umständen allerdings auch tiefer); dieselben reagieren auf diskontinuierliche Reize mit

einer kontinuierlichen anschwellenden Empfindung, während die Druckpunkte selbst bei großer Reizfrequenz noch eine diskontinuierliche schwirrende Empfindung entstehen lassen, und zwar sowohl bei elektrischer wie bei mechanischer Reizung. Die Druckempfindung verschwinde mit dem Aufhören des Reizes sofort, die Schmerzempfindung erst allmählich.

Außer den Druckpunkten einerseits, Schmerzpunkten andererseits enthält die Haut nach *v. Frey* keine sensiblen Punkte bzw. Nervenendigungen, welche taktile oder schmerzhafte Empfindungen vermitteln. Sticht man eine fein gespitzte Nadel außerhalb jener Druck- oder Schmerzpunkte ein, so fehlt entweder jede Empfindung oder es entsteht nur eine verbreitete Berührungsempfindung, welche durch die Ausbreitung der Hautdeformation auf benachbarte Druckpunkte zu erklären sei. Folgerichtig muß auch die außerhalb der Schmerzpunkte zu erzielende Schmerzempfindung auf eine indirekte Mitbeteiligung von Schmerzpunkten oder auf die Reizung von Schmerznervenfasern selbst bezogen werden. Diese Aufstellung *v. Freys* ist immerhin nicht mehr als eine Möglichkeit; es ist mindestens ebenso wahrscheinlich, daß auch außerhalb der Druck- und Schmerzpunkte noch eine taktile und Schmerzempfindlichkeit besteht; ja gewisse Beobachtungen, deren Mitteilung hier zu sehr ins einzelne führen würde, machen es mir sehr unwahrscheinlich, daß die von *v. Frey* vorausgesetzte mittelbare Reizung stattfindet.

Ich möchte nun im folgenden in aller Kürze meinen von dem v. Freyschen abweichenden Standpunkt bezüglich der Schmerznervenfrage darlegen, wobei ich zum Teil auf eigenen neueren Beobachtungen fußen kann, welche zeigen, daß die so exakten Versuche und scharfsinnigen Schlußfolgerungen dieses Forschers trotz alledem das Problem nicht enthüllen.

Schon in meiner Doktordissertation 1881 habe ich als eine regelmäßige physiologische Erscheinung beschrieben, daß bei einer spitzen Berührung der Haut zunächst ein Tasteindruck wahrgenommen wird, welchem erst weiterhin eine Schmerzempfindung folgt. In späteren Untersuchungen mit *Gad* haben wir dies Phänomen weiter verfolgt und auf Summation zurückgeführt. *v. Frey* dagegen erklärt es so, daß bei der Tastreizung stets ein Schmerzpunkt mitbetroffen worden sei; den spezifischen Schmerznerven komme aber eine größere Latenz der Empfindung zu („geringere Beweglichkeit der Schmerznerven in ihren physiologischen Äußerungen"). Wir hatten auch gezeigt, daß nicht allein der mechanische Reiz, sondern auch eine Reihe von zeitlich sich folgenden unterschmerzlichen elektrischen Reizen (Öffnungsschlägen) eine solche „sekundäre" Schmerzempfindung auslöst; auch hierbei soll nur stets ein Schmerzpunkt mit betroffen worden sein. Wir hatten übrigens bereits darauf hingewiesen, daß die „sekundäre" Empfindung nicht notwendig schmerzhaft sein muß. In neueren Untersuchungen (Archiv f. d. ges. Physiologie Bd. *168*, 1917) habe ich die Erscheinung auf eine breitere Grundlage stellen können. Ich fand, daß jeder taktile Reiz eine mehrphasische Empfindung erzeugt. Es tritt zunächst ein Anschwellen der primären Empfindung auf, welches bei einer sehr flüchtigen Berührung sich als eine zweite, von der ersten durch ein empfindungsloses Intervall getrennte Empfindung darstellt (zweite Phase). Sie ist im Vergleich zur ersten von größerer Intensität, längerer Dauer, oft langsam verklingend und weniger scharf lokalisiert, wie von innen her kommend, und kann dabei irradiierend und ebensowohl schmerzlich wie nicht schmerzlich sein. An die zweite Phase kann sich eine dritte anschließen, welche in die Nachempfindung übergeht. Der deutlich irradiierende Charakter zeigt, daß diese nachfolgenden Anschwellungen der Empfindung dort zustande kommen, wo die Irradiation erfolgt, nämlich in sensiblen Kerngebieten wahrscheinlich des Rückenmarks. Hierfür spricht, daß nach anderweitigen von mir angestellten Versuchen bei stärkeren Dauerreizen (mittels einer Hautklemme) Irradationsfelder entstehen, welche in ihrer Ausbreitung und Begrenzung den Rückenmarksgebieten entsprechen. Die Empfindungsphasen sind wahrscheinlich auf Summation oszillatorischer, in den peripherischen Endorganen ausgelöster Erregungen zu beziehen. Für die Schmerzfrage ist zunächst schon wesentlich, daß die zweite Phase, welche nach ihrer Art und dem zeitlichen Intervall ganz jener „sekundären" Empfindung entspricht, durchaus nicht schmerzhaft zu sein braucht; sie kann daher nicht in dem v. Freyschen Sinne durch größere Latenz spezifischer Schmerznerven erklärt werden. Vielmehr muß die schmerzhafte zweite Phase auf denselben Vorgang zurückgeführt werden wie die unterschmerzliche zweite Phase.

Ich zeigte ferner, daß man durch geeignete Reizung, nämlich möglichst flache, äußerst spitz gegen die Hautoberfläche gerichtete punktförmige Berührung viel häufiger als bei senkrechter Nadelführung feine, stechende Schmerzempfindungen auslösen kann, so daß fast der Eindruck entsteht, als ob die oberflächliche Schicht der Haut ausschließlich mit „Schmerznerven" versehen sei. Bei geschärfter Aufmerksamkeit und hinreichender Übung erkennt man aber, daß nahezu regelmäßig eine primäre, sehr schwache Berührungsempfindung vorhanden ist, während der Schmerz erst als zweitphasische Empfindung hinzutritt. An Stellen, wo dieser Schmerz vermißt wird, verspürt man, nachdem eine primäre Berührungsempfindung vorangegangen ist oder auch bei einer Minderzahl von Fällen gefehlt hat, als zweite Phase der Empfindung eine schmerzlose hauchartige spannende usw. Empfindung. Sowohl die schmerzliche wie die unterschmerzliche zweite Phase wird als von innen auftauchend oder nach innen durchzuckend und etwas über den

Reizpunkt verbreitet wahrgenommen. Es kommen Übergänge vom Unterschmerzlichen zum Schmerzhaften vor. Durch leichte Steigerung des Reizes kann die unterschmerzliche in eine schmerzhafte Empfindung, durch Abschwächung letztere in eine unterschmerzliche verwandelt werden. Die Schmerzempfindung ist somit ganz homolog der zweiten Empfindungsphase und kann mit der unterschmerzlichen jederzeit die Rolle tauschen. Es wäre wenig gerechtfertigt, diesem Verhalten gegenüber geltend zu machen, daß auch bei dieser Art der Reizung die primäre Berührungsempfindung durch indirekte Wirkung auf einen Druckpunkt zustande komme. Die Deformation der Haut, welche hinreicht, um bei flacher Nadel- oder Borstenführung eine merkliche Empfindung zu erzeugen, ist, wie ich mich mit der Lupe überzeugte, minimal und viel unbedeutender als bei senkrechter Nadelführung. Daß bei senkrechter Nadelführung der feine Schmerz seltener gefunden und die ihm vorangehende Berührungsempfindung öfter vermißt wird, liegt daran, daß die Haut ausweicht, indem sie sich einsenkt, während gegen den der Hautoberfläche nahezu parallel gerichteten Eindruck der Widerstand des Gewebes viel bedeutender ist. Wenn man die Haut in einen größeren Spannungszustand versetzt (durch Veränderung der Gelenkstellung), so wird auch bei senkrechter Reizung der feine stechende Schmerz als zweite Empfindung und die primäre Berührungsempfindung häufiger. Die Druckzunahme wird bei flacher Nadelführung steiler verlaufen, sich aber weniger weit fortpflanzen als bei senkrechter, mit anderen Worten: die Reizung wirkt mehr auf eng umschriebene Verschiebung des getroffenen Punktes der oberflächlichen Hautschicht. Wenn hierbei trotzdem fast regelmäßig eine primäre Berührungsempfindung zustande kommt, so wäre es jedenfalls gekünstelt, für dieselbe eine Fernwirkung auf einen Druckpunkt verantwortlich zu machen. Zum mindesten fehlt unter diesen Umständen doch wirklich die wesentliche Voraussetzung für die Annahme, daß die Schmerzpunkte auf spezifische Schmerznerven zu beziehen sind: welche ja eben in dem Mangel einer Berührungsempfindung besteht. Dazu kommt, daß bei flacher Reizung sich die Zahl solcher Schmerzpunkte im Vergleich zu senkrechter als viel größer herausstellt, was man wohl kaum durch eine Übertragung des mechanischen Reizes auf benachbarte Schmerzpunkte erklären kann; hiergegen spricht schon, daß auch bei flacher Reizung die Lage der schmerzhaft reagierenden Punkte eine konstante ist. Betrachtet man diese Ergebnisse voraussetzungslos, so kann man sie nicht wohl anders erklären, als daß eben die oberflächliche Schicht der Haut mit Nerven durchsetzt ist, welchen gemeinsam eine Berührungs- und Schmerzempfindung eigen ist. Bezüglich der letzteren begegnen wir uns übrigens insofern mit *v. Frey*, als dieser auch gerade die oberflächlichste Hautschicht als Sitz seiner Schmerznerven festgestellt hat.

In demselben Sinne sprechen meine Beobachtungen über den Einfluß der Nervenerregbarkeit auf die Schmerzempfindung. Wenn man durch Reiben und Drücken der Haut die Empfindlichkeit herabsetzt, so findet sich gleichzeitig mit einer Aufhebung des Kitzels und einer leichten Herabsetzung der Berührungsempfindung die feine stechende Schmerzempfindung erloschen. An ihrer Stelle tritt bei punktförmiger Reizung nunmehr eine unterschmerzliche zweitphasische Empfindung auf.

Ein Gegenstück hierzu bietet folgender Versuch: An den Fingerkuppen erzeugt flache Nadelreizung meist als zweite Phase eine unterschmerzliche Empfindung, selten jenes feine Stechen. Wenn man aber (z. B. durch eine Hautklemme) eine Hyperästhesie hervorruft, so löst schon die leichteste Berührung mit der Nadelspitze, ja sogar mit einer zugespitzten mittelstarken Borste den feinen oberflächlichen zweitphasischen Schmerz in recht heftiger Intensität aus.

Ich könnte hier noch Beobachtungen bei künstlicher Anästhesierung der Haut sowie bei entzündlicher Reizung derselben anführen, welche den Einfluß der Erregbarkeit auf die Überführung der unterschmerzlichen in die schmerzliche Empfindung und umgekehrt dartun, wenn ich nicht fürchten müßte, zu sehr in Einzelheiten zu geraten.

Als eine wesentliche Stütze der Schmerznerventheorie wird von *v. Frey* der Umstand betrachtet, daß es, wie oben bemerkt, Körperteile gebe, welche auf mechanische Reizung überhaupt nicht mit Berührungs- oder Druckempfindungen, sondern lediglich mit Schmerz reagieren; so die Binde- und Hornhaut des Auges, die Zähne und Knochen. Ich kann jedoch die Angabe *v. Freys*, daß taktische Reizungen der Hornhaut ausschließlich schmerzhaft empfunden werden, nicht bestätigen. Vielmehr verhält es sich hier nach den von *Brückner* und *mir* gemeinschaftlich angestellten Versuchen ganz ähnlich wie an der Haut: es wird neben dem Schmerz auch Druck empfunden, gelegentlich so, daß der Schmerz demselben nachfolgt, und durch Cocainisierung der Hornhaut kann man erreichen, daß taktile Reize lediglich Berührungsempfindung, ohne Schmerz, auslösen.

Auch daß das Innere der Zähne (das Zahnmark) nur schmerzhafter Empfindungen fähig sei, erscheint mir nicht richtig. Durch Kälte- oder Wärmereize werden in den Zähnen nicht ausschließlich Schmerzen, sondern bei zweckmäßiger Abstufung auch unterschmerzliche, wenn auch unangenehme Empfindungen von Ziehen und Bohren hervorgerufen, welche man deutlich *innerhalb* der Zähne wahrnimmt. Die schwierige Frage der Knochensensibilität bedarf noch des weiteren Studiums.

Die Beobachtung von *v. Frey*, daß die Druck-

punkte der Haut, welche den Endigungen bzw. Endorganen der spezifisch druckempfindenden Nerven entsprechen (vgl. oben) — einer Schmerzempfindung nicht fähig sind, vermag ich in dieser ausschließenden Fassung nicht zu bestätigen. Ich gebe zu, daß an diesen Punkten die ihnen eigene körnig-schwirrende Empfindung bei Steigerung des Reizes zunimmt und auch bei stärkster Nadelreizung schmerzlos bleiben kann. Aber letzteres ist nicht die Regel; vielmehr finde ich, daß die Mehrzahl der Druckpunkte bei einem gewissen Grade der Reizung einen quetschenden Schmerz erkennen läßt, welcher sich durch seine Eigenart von dem fein stechenden Schmerz der Schmerzpunkte unterscheidet. Ich bin daher der Ansicht, daß an den Drucksinnesnerven die Schmerzschwelle sehr hoch liegt (s. unten).

Die oben (unter 4) aufgeführten gegensätzlichen Merkmale der Druck- und Schmerzpunkt-Reizung beweisen nur, daß den Druckpunkten besondere Eigentümlichkeiten zukommen, welche sich aus ihrer Bedeutung als reizvermittelnde Endigungen der spezifischen Drucksinnesnerven verstehen lassen und welche den übrigen mechanische Reize empfindenden Hautnerven abgehen. Daß es solche außer den Drucksinnesnerven gibt und daß sie eine mehr oder weniger dumpfe Berührungsempfindung, welche von derjenigen der Druckpunkte unterschieden werden muß, und bei höherer Reizung eine fein-stechende Schmerzempfindung entstehen lassen, dürfte aus meinen Ausführungen zwingend hervorgehen. Ich möchte in diesem Zusammenhang noch die Beobachtung anführen, daß die Reizung der Schmerzpunkte nahezu stets zu einer unterschmerzlichen Nachempfindung abklingt. *v. Frey* hebt selbst das Abklingen der Schmerzempfindung hervor, ohne freilich über den unterschmerzlichen Charakter des letzten Teiles der Empfindung sich auszusprechen. Ich finde diesen deutlich ausgesprochen. Auf eine fortgeleitete Miterregung eines Druckpunktes läßt sich die Erscheinung nicht beziehen.

Hiernach entbehrt die Schmerznerventheorie nicht allein einer hinreichenden Begründung, sondern steht auch mit gewissen, nach meinem Dafürhalten gesicherten Beobachtungen in Widerspruch. Der Schmerz erscheint als an das Vorhandensein derjenigen Nerven geknüpft, welche auf mechanische Reize eingestellt sind und taktile Empfindungen verschiedener Art vermitteln und kommt zum Teil durch einen höheren, im übrigen sehr variablen Reizungsgrad derselben, zum Teil durch Summation kleinster an sich unterschmerzlicher Erregungsstöße zustande. Ersteres geht daraus hervor, daß auch primär bei hinreichender Reizintensität Schmerz auftritt und daß auch der Summationsschmerz aus der unterschmerzlichen Summationsempfindung erst bei einer gewissen Reizschwelle sich erhebt.

Die genannten taktilen Nerven zerfallen in zwei Kategorien: die spezifischen Drucksinn-Nerven (Druckpunkte) der Haut und die nicht bloß in der Haut, sondern auch in den tieferen Geweben allgemein verbreiteten sensiblen (allgemeinen Gefühls-) Nerven. Die Schmerzschwelle liegt an den Druckpunkten am höchsten. Die Schmerzpunkte entsprechen Endigungen der zweiten Kategorie von Nerven, an welchen die Schmerzschwelle besonders tief gelegen ist, welche im übrigen sehr variiert. Die Druck- und Schmerzpunkte zeigen die beiderseitigen Extreme der Schmerzschwelle. Erstere dienen der Wahrnehmung der Druckstärke, Druckunterschiede, Drucklokalisation (Ortssinn) und würden durch eine niedrige Schmerzschwelle in ihrer Sinnesfunktion sehr gestört werden. An den Schmerzpunkten liegt die Schmerzschwelle für punktförmige (Stich-)Reize so tief, daß die unterschmerzliche Berührungsempfindung schwer wahrnehmbar ist. Aber dies gilt nur für Stichreize. Obwohl die so äußerst schmerzempfindliche Hautschicht ganz oberflächlich liegt, empfinden wir beim Berühren, Streichen, Drücken, Falten der Haut keinen Schmerz, es sei denn, daß es sich um einen hyperalgetischen Zustand bei Nervenreizungen bzw. Nervenerkrankungen, Entzündungen oder junge, nach einem Defekt neugebildete Haut handelt. Der punktförmige (Stich-)Reiz erzeugt Schmerz auch ohne das Nervenende zu verletzen. Das Wesentliche der Wirkung des punktförmigen gegenüber den breiteren Druckreizen besteht darin, daß der im Angriffspunkt gesetzte gegen das Gewebe gerichtete Druck steil wächst, aber weniger in die Tiefe wirkt und somit eine besonders starke Verschiebung der getroffenen Teile (Nervenenden) der obersten Hautschicht gegen die Umgebung bedingt. Die Reizung des Nervenendes ist somit teils infolge der schnell erfolgenden Druckzunahme, teils infolge einer wirklichen Zerrung eine intensivere als bei stumpfem Druck.

Druckgefäll wie Zerrung hängen von der Starrheit des Gewebes ab; je dichter oder gespannter die Haut ist, einen desto größeren Widerstand setzt sie der Umwandlung des Druckes in Bewegung entgegen, um so weniger weicht sie unter dem Druck aus. Die Tiefe der Schmerzwelle bei Stichreizen erklärt sich somit durch die dieser zukommende stärkere Reizkraft. Diese bedingt es, daß die Berührungsempfindung so schnell in Schmerz übergeht. Der Schmerz entspricht einem höheren Grade der Reizung der taktilen Nerven.

Wenn auch der Schmerz häufig ein Summationsprodukt ist, d. h. durch Summierung einzeln unterschmerzlicher Erregungen erzeugt wird, so bedarf es doch nicht des Summationsvorganges, um Schmerz auszulösen. Andererseits braucht die summierte Empfindung nicht schmerzhaft zu sein. Offenbar gilt auch für die summierte Erregung, daß sie dann schmerzhaft wird, wenn sie intensiv genug ist, um die Schmerzschwelle zu erreichen.

Wenn in der Peripherie gesonderte Nerven-

wege für den Schmerz nicht existieren, so ist damit nicht gesagt, daß nicht irgendwo in den zentralen Leitungsbahnen sich solche für den Schmerz abspalten (graue Rückenmarksubstanz, s. oben). Als sicher muß man annehmen, daß die Summationen in den Nervenzellen der grauen Rückenmarkssubstanz stattfinden, daß es hier zur zweiten und dritten Empfindungsphase und zur Irradiation kommt und daß von hier aus die summierte Empfindung der primären nacheilt. Ob dies in einer besonderen Summationsbahn erfolgt oder in denselben Bahnen, in welchen die primäre Empfindung verläuft und ob diese Summationsbahn, falls sie existiert, mit der Schmerzbahn identisch ist oder ob der Summationsschmerz gleichfalls die Bahn der primären Empfindung einschlägt, um zum empfindenden Gehirn zu gelangen, alles dies ist ungewiß. Sehr wahrscheinlich ist nur die Beteiligung der grauen Substanz an dem Zustandekommen der Schmerzempfindung.

Ob die Schmerzempfindung in spezifischen Nervenzellen des Gehirns zustande kommt oder in denjenigen, welche die Berührungs- und Druckempfindung vermitteln, ist gleichfalls ungewiß. Nach dem Satz von den spezifischen Energien der Sinnesnerven sollte man wohl eigene schmerzempfindende Zellen annehmen. Dieselben würden nicht als zu einem kompakten Schmerzzentrum zusammengefaßt, sondern verstreut unter den Zellen der taktilen Empfindung liegend zu denken sein (vgl. oben). Die Abspaltung der zu den Schmerzzellen führenden Wege könnte sehr wohl erst im Gehirnzentrum selbst erfolgen.

Das Vorhandensein solcher spezifischen Empfindungszellen würde es nicht rechtfertigen, von einem „Schmerzsinn" zu sprechen; ein solcher müßte vielmehr mit einem von der Peripherie bis zum Zentrum gesonderten Nervenapparat ausgestattet sein. Die Schmerzempfindung ist nicht eine der Gesichts-, Gehirn- usw. Empfindung gleichwertige, sondern eine Qualität innerhalb der Gruppe von Sinnesempfindungen, welche durch den auf mechanische Reize eingestellten sensiblen Nervenapparat vermittelt werden.

Die Elektronenordnung in den Elementen der großen Perioden[1].

Von Rudolf Ladenburg, Breslau.

1. Auf Grund des Rutherford-Bohrschen Atommodells ist es *W. Kossel* gelungen, die chemischen Kräfte zwischen den Atomen in vielen Fällen auf die rein elektrostatische Wechselwirkung zwischen dem positiv geladenen Atomkern und den ihn in verschiedenen Ringen umkreisenden negativen Elektronen zurückzuführen(1)[2]. Den Ausgangspunkt der Kosselschen Überlegungen bildet die Forderung, daß die Elektronenanordnung in den Atomen der Edelgase eine besonders stabile ist; infolge ihrer Stabilität üben diese auf andere Atome keine oder nur geringe Kräfte aus, so daß sie keine chemischen Verbindungen eingehen. Dagegen sollen die Verbindungen polarverschiedener Elemente auf einem Elektronenaustausch der äußersten Ringe der Atome beruhen und dadurch soll die Zahl der dort befindlichen Elektronen, wenigstens bei den dem Edelgas jeweils im natürlichen System benachbarten Elementen, gleich der des betreffenden Edelgases werden. Für diese stabilste Anordnung ergibt sich die Zahl von 8 Elektronen, die Abeggsche Summe der positiven und negativen Valenzen, wenn man in der bekannten Weise die Zahl der Elektronen im Modell von Element zu Element um je eins zunehmen läßt. Sieht man gleichzeitig die positive Valenzzahl eines Elementes als die Zahl seiner — abtrennbaren — Elektronen des äußersten Ringes an, so muß bei den auf die Edelgase folgenden Alkalimetallen je ein neuer Ring mit *einem* Elektron beginnen, jedes nächste Element erhält ein Elektron mehr, bis zum Halogen, das so, wenigstens in den kleinen Perioden, 7 Elektronen im äußersten Ring haben soll, und dem folgenden Edelgas, in dem die als stabil vorausgesetzte Zahl 8 erreicht ist. Das Wasserstoffatom mit *einem*, das Heliumatom mit 2 Elektronen bilden die einfachste Anordnung; Lithium erhält bereits einen zweiten Ring mit *einem* Elektron, Beryllium mit 2 Elektronen usw., so daß die Gesamtzahl der Elektronen gleich der Ordnungszahl des betreffenden Atoms ist. Die Elektronen in den ersten (innersten) Ringen bleiben wegen der universalen Beziehung zwischen Frequenz der Röntgenspektren und Ordnungszahl in allen folgenden Elementen unverändert erhalten, die periodischen Eigenschaften der Elemente äußern sich lediglich in der periodisch wiederkehrenden Elektronenzahl des jeweils äußersten Ringes.

Diese Anordnung der Elektronen der verschiedenen Atome (vgl. die Tafel 1 auf S. 6, die in den kleinen Perioden mit der von *Kossel* übereinstimmt) zeigt allerdings noch manche Unzulänglichkeiten. So ist es jedenfalls bisher nicht gelungen, die einfachen Beziehungen der Röntgenspektren zu den Atomnummern bei 2 Elektronen auf dem innersten und 8 auf dem folgenden Ring des unerregten Atoms theoretisch abzuleiten(2). Andererseits fordern die räumlichen Valenzvorstellungen der Chemie auch eine räumliche Anordnung der Elektronen, für die kürzlich *Born* und *Landé* durch Berechnung der Kompressibilität verschiedener Kristalle wichtige Stützen erbracht haben(3). Nach *Born* sollen sich die äußeren Elektronen der Edelgasanordnung dauernd in den Eckpunkten eines Würfels befinden oder wenigstens sich so bewegen, daß sie Würfelsymmetrie besitzen. Diese Vorstellung paßt gleichzeitig gut zur Würfelstruktur der Alkalihalogenverbindungen, indem die Würfel-

[1] Nach einem Vortrag: „Über die neuen Vorstellungen vom Atombau und der Molekülbildung" in der Chemischen Gesellschaft zu Breslau am 14. März 1919.

[2] Das Literaturverzeichnis befindet sich am Schluß.

Tafel 1.

Schalenzahl	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
1	H 1 1										He 2 2
2	Li 3 2, 1	Be 4 2, 2	B 5 2, 3	C 6 2, 4	N 7 2, 5	O 8 2, 6	Fl 9 2, 7				Ne 10 2, 8
3	Na 11 2, 8, 1	Mg 12 2, 8, 2	Al 13 2, 8, 3	Si 14 2, 8, 4	P 15 2, 8, 5	S 16 2, 8, 6	Cl 17 2, 8, 7				A 18 2, 8, 8
4	K 19 2, 8, 8, 1	Ca 20 2, 8, 8, 2	Sc 21 2, 8, 8 | 2 1	Ti 22 2, 8, 8 | 2 2	V 23 2, 2, 8 | 2 3	Cr 24 2, 8, 8 | 2 4	Mn 25 2, 8, 8 | 2 5	Fe 26 2, 8, 8 | 2 6	Co 27 2, 8, 8 | 2 7	Ni 28 2, 8, 8 | 2 8	
	Cu 29 2, 8, 8 | 2 9	Zn 30 2, 8, 8 | 2 10	Ga 31 2, 8, 8 | 3 10	Ge 32 2, 8, 8 | 4 10	As 33 2, 8, 8 | 5 10	Se 34 2, 8, 8 | 6 10	Br 35 2, 8, 8 | 7 10				Kr 36 2, 8, 8 | 8 10
5	Rb 37 2, 8, 8 | 8, 1 10	Sr 38 2, 8, 8 | 8, 2 10	Y 39 2, 8, 8 | 8 | 2 10 | 1	Zr 40 2, 8, 8 | 8 | 2 10 | 2	Nb 41 2, 8, 8 | 8 | 2 10 | 3	Mo 42 2, 8, 8 | 8 | 2 10 | 4	— 43 2, 8, 8 | 8 | 2 10 | 5	Ru 44 2, 8, 8 | 8 | 2 10 | 6	Rh 45 2, 8, 8 | 8 | 2 10 | 7	Pd 46 2, 8, 8 | 8 | 2 10 | 8	
	Ag 47 2, 8, 8 | 8 | 1 10 | 10	Cd 48 2, 8, 8 | 8 | 2 10 | 10	In 49 2, 8, 8 | 8 | 3 10 | 10	Sn 50 2, 8, 8 | 8 | 4 10 | 10	Sb 51 2, 8, 8 | 8 | 5 10 | 10	Te 52 2, 8, 8 | 8 | 6 10 | 10	J 53 2, 8, 8 | 8 | 7 10 | 10				X 54 2, 8, 8 | 8 | 8 10 | 10
6	Cs 55 2, 8, 8 | 8 | 8, 1 10 | 10	Ba 56 2, 8, 8 | 8 | 8, 2 10 | 10	La 57 2, 8, 8 | 8 | 8, 3 10 | 10	Erden bis 72	Ta 73	W 74	— 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	
	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	— 85				Em 86
7	— 87	Ra 88	Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92					

Anmerkung: Bei Sc bzw. Y sind auch die Anordnungen 2, 8, 8, 3 bzw. 2, 8, 8 \| 3 möglich, beim einwertigen Cu ist die Anordnung 2, 8, 8 \| 1 anzunehmen.
10 10

atome entsprechend symmetrische Kräfte aufeinander ausüben, und die Zahl 8, die von grundlegender Bedeutung für das natürliche System der Elemente und die stabilste Elektronenanordnung ist, stimmt zugleich mit der Zahl der Eckpunkte des Würfels überein. Wird man so gezwungen, die ebenen Elektronenbahnen, wenigstens die komplanare Bewegung der Elektronen eines „Ringes", aufzugeben und sie etwa auf räumlichen Schalen anzuordnen, so werden dadurch doch die Ergebnisse der Kosselschen Untersuchung nicht berührt. Vielleicht gelingt es jetzt auch, das Entstehen der Röntgenspektra der räumlichen Anordnung 2, 8, 8, . . . anzupassen.

2. Die Erfolge dieses Versuchs, für jedes Element ein ins einzelne gehendes, nur aus Elektronen aufgebautes Modell mit rein elektrostatischen Kräften anzugeben, das den chemischen und den physikalischen Eigenschaften der Atome genügen soll, sind unzweifelhaft. *Kossel* hat in der oben angegebenen Weise die Elektronenanordnung bis zum Mn (Nummer 25) durchgeführt, das wie Fl und Cl 7 Elektronen im äußersten Ring haben soll, und es ist vielfach versucht worden, die Modelle der Elemente ganz entsprechend weiter fortzusetzen.

Die Tafel 1 enthält in *Bohrs* Schreibweise (dessen entsprechendes Schema aber wesentlich von diesem abweicht) das so entstehende Schema der Atommodelle; es ist zunächst die Gesamtzahl der Elektronen, die Ordnungszahl des Elements, darunter die Zahl der Elektronen auf der innersten, zweiten usw. Schale angegeben, wobei die auf der äußersten fettgedruckt und gleich der positiven Valenzzahl ist, soweit von einer solchen gesprochen werden kann. Die Tafel stimmt aber nur bis zum Sc mit der von *Kossel* überein. Denn diese Anordnung der Elektronen entspricht offenbar nur für die kleinen Perioden, genauer gesagt bis zum Ca oder Sc, den chemischen Eigenschaften.

Hier tritt bekanntlich auf einmal etwas chemisch Neues ein, das bei einer Fortsetzung der Elektronenanordnung nach *Kossel* nicht zum Ausdruck kommt. Bis zum Ca haben die Elemente im allgemeinen in ihren heteropolaren Verbindungen eine bestimmte vorherrschende Wertigkeit; von Element zu Element nimmt die positive maximale Wertigkeit um eine Einheit zu,

wobei sich die chemischen Eigenschaften sprunghaft ändern. Dagegen haben die Elemente vom Ti an bis zum Zn, dann wieder vom Zr an bis zum Cd, schließlich die seltenen Erden in wichtigen Verbindungsformen die gleiche Valenzzahl, nämlich 2, bzw. die seltenen Erden die Zahl 3; die Elemente haben vielfach eine ganze Zahl fließend ineinander übergehender Wertigkeiten; die horizontal aufeinanderfolgenden Elemente — wie Cr, Mn, Fe, Co, Ni; Ru, Rh, Pd; die Erden — besitzen einander ähnliche Eigenschaften, wie sie sonst nur in vertikal untereinander stehenden Elementen vorkommen. Man läßt deshalb seit *Mendelejeff* bei K sowie beim Rb und Cs die großen Perioden von je 18 oder mehr Elementen beginnen, während die ersten beiden kleinen Perioden nur je 8 Elemente enthalten.

Parallel mit dieser Änderung der chemischen Eigenschaften treten bei den genannten Elementen besondere physikalische Eigenschaften auf. Um dies zu veranschaulichen, ist in der Tafel 2 (S. 8) die Kurve der Atomvolumina dargestellt, wobei als Abszissen statt der Atomgewichte die Ordnungszahlen (Atomnummern) aufgetragen sind. Die Kurve gewinnt dadurch bekanntlich an Regelmäßigkeit. Die oben hervorgehobenen Elemente, jedenfalls Ti bis Zn, Zr bis Cd, Ce bis Hg bilden die ausgesprochenen Minima der Kurve[1]).

Unter den mannigfachen physikalischen Eigenschaften, die einen ähnlichen Gang wie die Atomvolumina zeigen, seien hier zwei hervorgehoben, bei denen dieser Zusammenhang unzweideutig hervortritt, nämlich der Magnetismus der Elemente in ihren Verbindungen und die Farbe der elementaren Ionen. Beide Eigenschaften beziehen sich also auf Zustände der Atome, in denen diese die leicht abtrennbaren äußersten Valenz-Elektronen bereits abgegeben haben.

Bis zum Sc sind alle Elemente in ihren Verbindungen diamagnetisch (auch die paramagnetischen Elemente Be, B, Mg, Al, Si bilden z. B. die diamagnetischen Verbindungen $BeSO_4$, $B(OH)_3$, $MgCl_2$, $AlCl_3$, SiO_2). Ti liefert als erstes Element paramagnetische Verbindungen, ist übrigens selber paramagnetisch, ebenso die anschließenden Elemente bis zum Cu (dieses nur in seinen zweiwertigen Verbindungen); es folgen die diamagnetischen Elemente bis zum Sr; die Elemente Y bis Pd sind wieder paramagnetisch (mit Ausnahme von Zirkon), ebenso die seltenen Erden (soweit untersucht) mit den anschließenden Elementen bis zum Pt, schließlich Th und U, bei denen sich die Atomvolumenkurve wieder einem Minimum nähert, während die dazwischen liegenden Elemente diamagnetisch sind (vgl. hierzu die Untersuchungen von *J. Königsberger*[4]) und *St. Meyer*[5]). Auch sei darauf hingewiesen, daß die ferromagnetischen Metalle Fe, Co, Ni, und Cr, Mn der Heuslerschen Legierungen zu der Gruppe der hervorgehobenen Elemente gehören.

Wiederum dieselben Elemente, die die kleinen Werte der Atomvolumina besitzen und paramagnetisch sind, bilden gefärbte, positiv geladene Ionen, und zwar sowohl in den flüssigen Lösungen, wie in den gefärbten Gläsern und Edelsteinen. Ti ist wieder das erste Element, es folgen V usw. bis Cu; Nb, Mo bis Pd; die meisten seltenen Erden mit den anschließenden Elementen bis zum Pt, sowie schließlich U, während die dazwischen liegenden Elemente ungefärbte Ionen haben (vgl. *Carey Lea*[7]) sowie Einzelheiten unter Ziffer 5). Die betreffenden Elemente sind in Tafel 2 an der Abszissenachse durch Schraffierung besonders hervorgehoben. Dabei sind unter gefärbten Ionen solche verstanden, die im Sichtbaren gefärbt sind, d. h. dort Absorptionsstreifen besitzen. Absorption im Ultraviolett ist hiervon allerdings nur quantitativ, nicht qualitativ verschieden; hierauf wird weiter unten näher einzugehen sein, ebenso wie auf die Bildung von Hydraten und Solvaten, die meist an Stelle der isolierten Ionen der einzelnen Atome treten[1]).

3. Atommodelle, die die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Elemente zum Ausdruck bringen sollen, müssen die hervorgehobenen Punkte berücksichtigen. Nach dem Vorangehenden ist es also nicht angebracht, die Kosselsche Anordnung über das Sc hinaus fortzusetzen. Da die chemische Ähnlichkeit der im System senkrecht untereinander stehenden Elemente, wie die der Alkali- und der Erdalkaligruppe, der Sauerstoff- und der Halogenreihe usw., auf der gleichen Elektronenzahl der äußersten Schale beruhen soll, wird man auch den einander so ähnlichen Elementen wie Cr, Mn, Fe, Co, Ni; Ru, Rh, Pd; Os, Ir, Pt die gleiche Elektronenzahl der äußersten Schale geben müssen. So hat *Vegard*[8]) in seinem Schema die seltenen Erden mit den Ordnungszahlen 58—72 mit gleich viel (4) Elektronen des äußersten Ringes ausgestattet. *A. E. Lacomblé*[9]) weist auf Grund einer ausführlichen Diskussion der chemischen Eigenschaften ebenfalls auf die Notwendigkeit hin, den Elementen vom Ti an eine andere Elektronenanordnung als den entsprechenden Elementen der vorhergehenden Perioden, und den Triaden Fe, Co, Ni usw. je gleichviel Elektronen des äußersten Ringes zu geben [vgl. auch *Sommerfeld*[2])]. Damit die Gesamtzahl der Elektronen gleich der Ordnungszahl bleibt, ändert er vom Co an die Elektronenzahl des zweitinnersten Ringes ab, vom Cu und dann vom Rh an die des dritten. Dies steht jedoch im

[1]) Bei Berechnung der Atomvolumina sind die Dichten zum Teil den neuen Tabellen von *Landolt-Börnstein* entnommen; soweit dort Angaben fehlen, der neuesten mir zugänglichen Literatur. Bekanntlich sind infolge der Abhängigkeit der Dichte von der Temperatur die Werte einiger Atomvolumina unsicher.

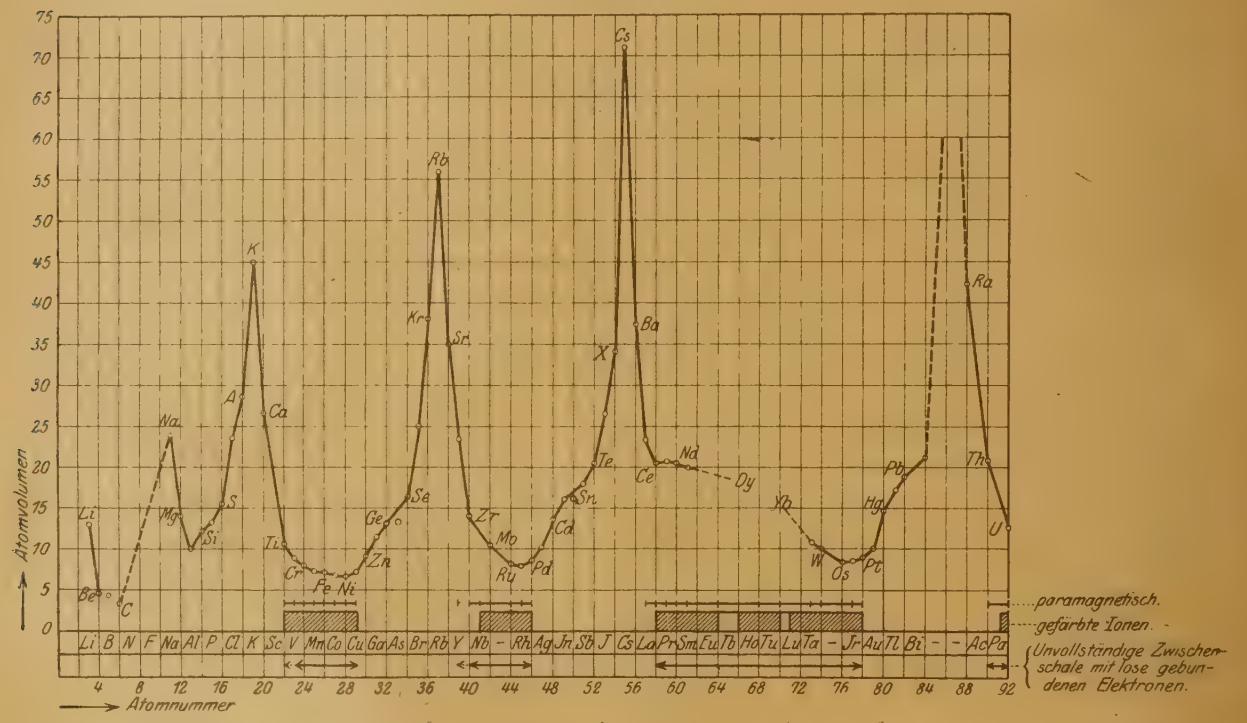
[1]) Herrn *F. Haber*, mit dem ich die vorliegenden Fragen ausführlich besprechen konnte, möchte ich auch an dieser Stelle für mannigfache Anregung herzlich danken.

Widerspruch zu den bisherigen Vorstellungen über die Entstehung der Röntgenspektren. Denn die lineare Beziehung zwischen der Wurzel aus der Frequenz der K, L-Reihe usw. und der Ordnungszahl der Elemente verlangt nach diesen Vorstellungen, daß alle Elemente (mindestens vom Na an) gleichviel Elektronen auf dem ersten und zweiten Ring besitzen, alle Elemente mindestens von Zink an gleichviel Elektronen auf dem dritten usw.(10).

Mit Rücksicht hierauf sind auf Tafel 1 nach dem Vorschlag des Verfassers zunächst allen Elementen vom Ti bis Zn sowie vom Y bis Cd (mit Ausnahme von Cu und vom Ag, vgl. weiter unten) je die gleiche Elektronenzahl 2 der Außenschale gegeben. Dadurch wird erreicht, daß der gemeinsame, metallische Charakter der Mehrzahl dieser Elemente und die Tatsache zum Ausdruck kommen, daß sie mindestens zweiwertig positiv in ihren heteropolaren Verbindungen wirken. Jedenfalls fordern die scharfen Maxima der Atomvolumina der Alkalimetalle (vgl. Tafel 2), daß regelmäßig bei ihnen, aber auch erst dort, eine neue Elektronenschale beginnt — sicherlich nicht bei den Elementen Cu, Ag, Au, deren Atomvolumina in der Nähe der Minima liegen und sich von den Nachbarelementen kaum unterscheiden.

Die neu hinzutretenden Elektronen der Elemente Ti, V, Cr usw. müssen also ins Innere der äußersten Schale wandern [vgl. *Sommerfeld*(2)] und sollen dort, wie Verfasser vorschlägt, eine „Zwischenschale" zwischen den beiden bisher äußersten Schalen bilden, indem sie sich an den chemischen Reaktionen ähnlich wie die Elektronen der äußersten Schale beteiligen können, übrigens aber mehr Bewegungsfreiheit besitzen wie diese, und auch einzeln abtrennbar sein sollen[1]). Dadurch kommt zugleich die wechselnde Valenz dieser Elemente zum Ausdruck (z. B. ist ja Titan zwei- und vierwertig, Vanadium zwei- bis fünfwertig, Mn zwei- bis siebenwertig usw.). Beim Zink sowie entsprechend beim Cd, wo die Elektronenzahl dieser Zwischenschale bereits auf 10 angewachsen ist, soll eine ähnlich stabile Anordnung wie beim Edelgas erreicht werden, so daß aus der Zwischenschale keine Elektronen im Austausch mit anderen Atomen abgegeben werden können. Von Ga bzw. In ab treten die neuen Elektronen gerade wie in den kleinen Perioden wieder in die Außenringschale, die in den betreffenden Edelgasen (Kr und X) wieder auf die Zahl von 8 Elektronen kommt. Nach diesen Gesichtspunkten sind die Atombilder auf Tafel 1

Tafel 2.



[1]) *Kossel* und *Sommerfeld* folgerten kürzlich aus ihrem Verschiebungsgesetz der Spektrallinien (Verh. d. D. phys. Ges. *21*, 256, 1919), daß nur Atome mit einer geraden Zahl von Elektronen (2, 4, 6. .....) im Außenring Tripletserien im „Bogenspektrum" des neutralen Atoms liefern; sie sehen in der Tripletserie des Mangans eine Ausnahme, da dieses der VII. Gruppe des Systems angehört, also wohl nach ihrer Vorstellung eine ungerade Zahl von Elektronen im Außenring haben müßte. Nach der hier vorgeschlagenen Anordnung ist bei den 2 Elektronen im Außenring des Mn-Atoms in der Tat eine Tripletserie zu erwarten; dasselbe würde aber auch für die benachbarten Elemente, Cr einerseits, Fe, Co, Ni andererseits, ebenso für die entsprechenden Elemente der höheren Perioden gelten.

zusammengestellt, wobei die in den Zwischenschalen befindlichen Elektronen unter die der vorhergehenden Schale geschrieben und durch eine geschweifte Klammer angeschlossen sind. Beim Silber sind seiner Einwertigkeit gemäß nur ein Elektron in der Außenschale und dafür bereits 10 Elektronen in der Zwischenschale angenommen, beim einwertigen Cu findet vielleicht eine Umlagerung in die entsprechende Anordnung statt.

4. Die hier angenommenen Zwischenschalen mit ihren bei chemischen Reaktionen abtrennbaren Elektronen tragen gleichzeitig zum Verständnis der oben genannten merkwürdigen Beziehung bei, die zwischen der Farbe der Ionen und dem periodischen System der Elemente besteht. Es ist lediglich die Annahme nötig, daß die Elektronen der Zwischenschale, solange sie „unvollständig" ist, d. h. weniger als 10 Elektronen besitzt, durch die im sichtbaren Licht enthaltene Energie leichter verschiebbar sind, also nach der Bohrschen Vorstellung über Emission und Absorption unter Aufnahme der betreffenden Energie auf eine Quantenbahn größerer Energie „springen" [vgl. die „gelockerten" Elektronen von *J. Stark*(14)]. In der Tat sind nämlich nur die Ionen solcher Elemente im Sichtbaren gefärbt, die nach der dargestellten Elektronenanordnung 1 bis 9 Elektronen in der Zwischenschale besitzen (vgl. unter Ziffer 5). Absorption im Ultraviolett müßte dann von den Elektronen anderer „vollständiger" Schalen erzeugt werden, zu deren Verschiebung in eine andere Bahn die größere Energie $h \cdot \nu$ des Ultraviolett (entsprechend der größeren Frequenz ν) erforderlich ist.

Selbstverständlich ist keine scharfe Grenze zwischen Sichtbar und Ultraviolett zu ziehen, die physiologischen Eigenschaften des Auges haben natürlich mit der Elektronenanordnung der Elemente nichts zu tun. Aber die kurzwelligen unsichtbaren Strahlen sind von den sichtbaren durch die Größe ihrer quantenmäßigen Energie unterschieden, ähnlich wie sich die verschiedenen Verbindungsstufen eines Elementes durch ihren Energieinhalt unterscheiden. Wenn hier also zwischen der im Sichtbaren liegenden Farbe der Ionen und der wechselnden Valenzbetätigung des betreffenden Elementes Analogien behauptet werden — insofern beide auf der geringeren Bindungsfestigkeit der Elektronen der unvollständigen Zwischenschale beruhen sollen —, so ist eine vollständige Übereinstimmung beider Eigenschaften naturgemäß nicht zu erwarten. Der Zusammenhang zwischen Färbung und Verbindungsbildung entsteht aber durch die Energiewerte, deren es einerseits zum Vorgang der Lichtabsorption, andrerseits zur Bildung einer neuen Verbindungsstufe bedarf. Dasselbe leicht bewegliche Elektron, das durch die geringe quantenmäßige Energie des sichtbaren Lichtes angeregt, auf andre Quantenbahnen springt, wird durch eine vergleichsweise kleine Energieänderung vollständig vom Atom abgetrennt, so daß dieses, chemisch gesprochen, in eine andere Oxydationsstufe übergeht. Diese Energiewerte stehen so zueinander in ähnlicher Beziehung wie das Resonanzpotential und die Ionisierungsspannung[1]) bei den Linienspektren der Metalle. Für den betrachteten Zusammenhang ist es offenbar nicht erheblich, wenn auf Grund neuerer Untersuchungen vielfach angenommen wird, daß die betrachteten Ionen in Lösungen mit dem Lösungsmittel assoziiert als Hydrate und Solvate auftreten. Die ähnliche Lage der Absorptionsstreifen bei Anwesenheit verschiedener Anionen, in verschiedenen Lösungsmitteln, im festen kristallisierten Salz oder in den erstarrten, nicht kristallisierten Schmelzen (Gläsern) zeigt, daß der Träger der Farbe in diesen Fällen das elementare Ion, das Zentralatom [in der Bezeichnungsweise der Wernerschen Koordinationslehre(11)] mit seinen beweglichen Elektronen der Zwischenschale ist. Die fremden Moleküle oder Molekülreste, die an dieses Ion in Hydraten und Solvaten angegliedert sein sollen, besitzen selber im allgemeinen keinen farbgebenden Charakter; sie beeinflussen aber die auf die absorbierenden Elektronen des Zentralatoms wirkenden Kräfte und rufen so, indem sie sich umlagern, die Farbänderungen hervor, die z. B. bei Änderung der Konzentration, der Dissoziation, der Temperatur oder der Natur des Lösungsmittels entstehen können [vgl. die Schlüsse, die *Hantzsch*(12) aus seinen Untersuchungen an organischen und anorganischen Komplexverbindungen gezogen hat]. Wo aber die verschiedenen Verbindungsformen desselben Elementarions *wesentlich* verschiedene Absorptionsspektra besitzen, wird man für die Herkunft der Farbe nicht das bewegliche Elektron der Zwischenschale in Anspruch nehmen. Unzweifelhaft nötigt der Bestand unserer Kenntnisse über die gefärbten Verbindungen zu der Annahme, daß leicht bewegliche Elektronen oft durch die chemische Bindung von Elementaratomen zustande kommen, die keine Zwischenschale besitzen. Die Farbstoffe, die meist nur Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff oder Schwefel enthalten, sind dafür ein sehr naheliegendes Zeugnis. Aber die Gruppe der Färbungen, die von den Elementarionen mit einer unvollständigen Zwischenschale bedingt sind, hebt sich aus diesem Kreise deutlich ab.

Als gemeinsame Ursache der besonderen chemischen Eigenschaften der jeweils ersten Hälfte der großen Perioden sowie der Färbung ihrer Ionen nimmt die vorgetragene Vorstellung also leichter verschiebbare Elektronen an, die im elementaren

[1]) Das sind diejenigen elektrisch gemessenen Energien, die einem Elektron zugeführt werden müssen, um es auf die nächste Quantenbahn springen zu lassen bzw. um es ganz abzutrennen, also das Atom zu ionisieren.

und unerregten Atom noch von 2, bei den seltenen Erden vermutlich von 3 Elektronen umkreist werden.

Die Übereinstimmung, die die magnetischen Eigenschaften und die Ionenfarbe im periodischen System zeigen (vgl. Ziffer 3 und Tafel 2), führt zu der Annahme, daß die beweglichen Elektronen der Zwischenschale auch für den Paramagnetismus verantwortlich sind, wenn wir auch den Vorgang selbst heute noch nicht kennen. Noch weniger können wir darüber aussagen, wodurch die Elektronen der ferromagnetischen Metalle (Cr bis Ni) ausgezeichnet sind. Die vorliegende Elektronenanordnung (Tafel 1) bringt diese wichtige Eigenschaft gar nicht zum Ausdruck: sie stellt auch nach Ansicht des Verfassers nur einen ersten Versuch dar und bedarf natürlich vielfach der Verfeinerung bzw. Verbesserung.

5. Im einzelnen gehen aus der umfangreichen Literatur[1]) folgende Tatsachen über die Farbe der Ionen im obigen Sinne hervor.

Die Ionen der ersten 21 Elemente sind farblos, einschließlich des dreiwertigen Sc-Ions. Ob das zweiwertige Titanion ($Ti^{\bullet\bullet}$) farblos, gelb oder braun ist, gilt als unsicher; $Ti^{\bullet\bullet\bullet}$ scheint sich in Lösung stets weitgehend mit Wasser oder anderen Gruppen zu verbinden und ist dann violett oder grün, $Ti^{\bullet\bullet\bullet\bullet}$ kommt frei nur in geringer Menge vor; da es dann nach unserer Anordnung die 4 Elektronen der äußeren und der Zwischenschale abgegeben hat, sollte es farblos sein. Die V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni und die zweiwertigen Cu-Ionen — die nach Tafel 1 alle eine unvollständige Zwischenschale haben sollen — besitzen in der Tat meist ausgesprochene Farbe und starke Absorptionsstreifen im Sichtbaren; Ionen, die so hoch geladen sind, daß sie auch alle Elektronen der Zwischenschale abgegeben haben, sind frei nicht bekannt. In den komplexen MnO_4 und CrO_4 wird Cr als positiv sechswertig, Mn als siebenwertig angenommen. Freie Ionen dieser Art müßten nach unserem Schema farblos sein. Über die Elektronenanordnung im Komplex ist aber vorläufig nichts Bestimmtes zu sagen. Die Farblosigkeit des wasserfreien festen Kupfersulfats ist ohne besondere Annahmen über den Bau des Moleküls nicht verständlich; daß dagegen die blaue Farbe aller verdünnten Cuprilösungen den hydratisierten Ionen zukommt, ordnet sich zwanglos den vorgetragenen Vorstellungen ein (vgl. oben). Das einwertige Kupferion, das nach obigem 10 Elektronen in der Zwischenschale enthält, ist farblos[2]), ebenso sind es die Ionen aller folgenden Elemente mit vollständiger Zwischenschale vom Zink bis zum Rb und Sr, ferner die dreiwertigen des Y und die vierwertigen des Zr, die auch die Elektronen der Zwischenschale abgegeben haben. Die folgenden Elemente beginnen wieder gefärbte Ionen zu besitzen, soweit Ionen überhaupt bekannt sind. Beim Niob scheint nur das dreiwertige Ion nachgewiesen zu sein, das als „dunkel" bezeichnet wird, beim Mo gilt das dreiwertige als braun, das fünfwertige als grün. Über die Ionen von Ru und Rh ist wenig bekannt, ihre Verbindungen sind vielfach gefärbt; die zweiwertigen Pd-Ionen sind braun, übrigens die meisten Palladiumverbindungen farbig. Die einwertigen Silberionen sind gerade wie die einwertigen Kupferionen (mit der bereits vollständigen Zwischenschale) farblos, ebenso die Ionen der anschließenden Elemente Cd, In, Sn, Sb, Te, J, Cs und Ba.

Es folgen nun die seltenen Erden mit den Ordnungszahlen 57—72. Ihrer besonders großen chemischen Ähnlichkeit gemäß werden sie nach *R. J. Meyer*[15]) in einer einzigen, nämlich der 3. Gruppe des periodischen Systems vereinigt, mit Ausnahme des Cer (58), das in die vierte Gruppe verwiesen wird. Da sie im allgemeinen mindestens dreiwertige Ionen bilden — nur vom Nd und Sm sind zweiwertige Ionen bekannt —, sollten sie alle im Außenring auch drei Elektronen besitzen, das Cer vielleicht vier. Jedoch sind ins einzelne gehende genauere Annahmen über die Anordnung der Elektronen, besonders der Zwischenschale, verfrüht. Sie müßten vor allem dem periodischen Verlauf einzelner physikalischer und chemischer Eigenschaften der Erden Rechnung tragen, die besonders seit den Untersuchungen *Meyers*[15]) und seiner Schüler bekannt sind. Jedenfalls darf man den Erden nicht einfach eine gleichmäßig wachsende Elektronenzahl einer einzigen „unvollständigen" Zwischenschale zuordnen. Dafür spricht auch die Ionenfarbe. Den starken Färbungen und Absorptionen der Mehrzahl der Erden stehen einige ungefärbte gegenüber. Die Farblosigkeit des ersten Elementes, des dreiwertigen La-Ions (57), entspricht der des Y- und Sc-Ions, die ebenfalls noch keine Zwischenschale haben; die Färbung des vierwertigen Cerions dagegen und die Farblosigkeit der Gd-, Tb- und Yb-Ionen erfordert besondere Annahmen über die Anordnung und Bindung der Elektronen. Übrigens spielen hier die Hydrate und Solvate auch bezüglich der Farbe eine große Rolle[13]). Einige Lösungen und feste Salze zeigen ferner neben der gewöhnlichen Bandenabsorption nahezu scharfe Linien — eine einzig dastehende Eigenschaft —; außerdem beeinflussen Beimengungen farbloser Erden die Farbe gefärbter Lösungen anderer Erden in auffallender Weise[15]).

Die an die seltenen Erden mit der Ordnungszahl 73 anschließenden Elemente Ta usw. bis zum Pt müßten entsprechend den Elementen V

[1]) Vor allem sind die Angaben aus *Abeggs* Handbuch der anorganischen Chemie benutzt. Den Herren *K. Arndt, H. Biltz, A. Eucken, W. Herz* und *J. Gadamer* verdanke ich manche Anregung und vielfache Hinweise auf neuere Arbeiten.

[2]) Bekanntlich sind Salze des einwertigen Kupfers auch diamagnetisch, während Cuprisalze paramagnetisch sind (vgl. die in Ziffer 2 besprochene Analogie zwischen Farbe und Magnetismus).

bis Ni und Nb bis Pd jedenfalls wieder eine unvollständige Zwischenschale enthalten und in der Außenschale 2 Elektronen, gemäß ihrer Eigenschaft, mindestens zweiwertig aufzutreten. Ob mit Ta eine neue Zwischenschale beginnt und wie die durch die seltenen Erden hinzugekommenen Elektronen verteilt zu denken sind, muß vorläufig offen gelassen werden.

Vom Tantal sind keine Ionen bekannt; die vierwertigen W-Ionen sind braun, die sechswertigen gelten als schwarzviolett, während sechswertiges W bei gleichmäßiger Fortführung unseres Schemas alle Elektronen der Zwischenschale abgegeben haben müßte, doch kann es sich hier um Komplexverbindungen handeln. Vom Osmium sind anscheinend hellblaue zweiwertige Ionen nachgewiesen; freie Iridium- und Platinionen sind nicht bekannt. Ihre beständigen Verbindungen sind Komplexe, die meist farbig sind. Doch warnen die Beispiele der MnO_4- und CrO_4-Komplexe zur Vorsicht bei der Übertragung der Gesetzmäßigkeiten, die für die elementaren Ionen gelten, auf Komplexe.

Unter den Elementen der zwei letzten Reihen soll in diesem Zusammenhang nur auf das Uran hingewiesen werden, dem in Analogie zum W und Mo wieder eine Zwischenschale zuzuerkennen wäre und dessen Ionen, besonders die $U^{\cdots\cdot}$, stark gefärbt sind.

Aus dem umfangreichen vorliegenden Material ergibt sich also, daß die positiv *ionisierten* Atome dann und nur dann Absorption im Sichtbaren zeigen, wenn sie eine „unvollständige" Zwischenschale enthalten. Die leichte Verschiebbarkeit der Elektronen dieser Zwischenschale, für die bereits die quantenmäßige Energie des sichtbaren Lichtes zureicht, wird durch die an *Bohr* und *Kossel* anknüpfenden Vorstellungen über den Atombau mit den chemischen Eigenschaften der Elemente in nahen Zusammenhang gebracht.

Literaturverzeichnis.

[1]) *W. Kossel*, Ann. d. Phys. (4) *49*, 229, 1916; Die Naturw. *7*, 339—345 u. 360—366, 1919. Auf diesen zusammenfassenden Bericht sei bezüglich aller Einzelheiten der Vorstellungen über die neuen Atommodelle verwiesen.

[2]) *R. Swinne*, Phys. Ztschr. *17*, 481, 1916; *P. Debije*, Phys. Ztschr. *18*, 276, 1917; *L. Vegard*, Verh. d. D. phys. Ges. *19*, 328, 1917; *A. Sommerfeld*, Phys. Ztschr. *19*, 297, 1918; *J. Kroo*, ebenda, S. 307.

[3]) *M. Born* u. *A. Landé*, Verh. d. D. phys. Ges. *20*, 210, 1918; *M. Born*, ebenda, S. 230, sowie die Naturw. 7, 136, 1919.

[4]) *Joh. Königsberger*, Wied. Ann. *66*, 731, 1898.

[5]) *St. Meyer*, Wied. Ann. *68*, 325, 1899; *69*, 236. 1899. *K. Handa*, Dr. Ann. *32*, 1027, 1910.

[6]) *P. Pascal*, C. R. *158*, 1895, 1914.

[7]) *Carey Lea*, Ztschr. f. phys. Ge. *9*, 317, 1895; *12*, 249 u. 340, 1896.

[8]) *L. Vegard*, Verh. d. D. phys. Ges. *19*, 344, 1917.

[9]) *A. E. Lacomblé*, Ztschr. f. phys. Ch. *93*, 257, 1919.

[10]) Vgl. *M. Siegbahn*, Zusammenf. Bericht, Die Naturw. 1917, Heft 32 u. 33.

[11]) *A. Werner*, Neuere Anschauungen auf dem Gebiet der anorg. Chemie, 3. Aufl.

[12]) *A. Hantzsch*, Berl. Ber. d. Chem. Ges. *41*, 1216, 4328, 1908; Ztschr. f. phys. Ch. *63*, 367, 1908; Ztschr. f. Elektroch. *18*, 470, 1912; vgl. auch *Konrad Schaefer* z. B. Ztschr. f. anorg. Ch. 104, 212, 1918.

[13]) *Harry C. Jones*, Ztschr. f. phys. Ch. *74*, 325, 1910; Amer. Chem. Journal *45*, S. 1, 1911.

[14]) *J. Stark*, z. B. Jahrb. d. Rad. u. El. *5*, 124, 1908; Phys. Ztschr. *9*, 87, 1908.

[15]) *R. J. Meyer*, Die Naturw. *2*, 779, 1914; derselbe u. *O. Hauser*, Die Analyse der seltenen Erden und der Erdsäuren, Stuttgart 1912.

[16]) *Konrad Schaefer* u. *F. Hein*, Ztschr. f. anorg. Ch. *100*, 250, 1917; Ztschr. f. Elektr. *9/10*, 181, 1915.

[17]) *H. Kayser*, Handb. d. Spektroskopie III, im besonderen S. 112 u. f.

[18]) *G. Rudorff*, Jahrb. d. Rad. u. El. *3*, 422, 1906; *4*, 380, 1907; s. a. *Ahrens* Sammlung.

Besprechungen.

Schlick, Moritz, Allgemeine Erkenntnislehre (Naturwissensch. Monogr. u. Lehrb. Bd. *1*). Berlin, Jul. Springer, 1918. X, 346 S. Preis geh. M. 18,—, geb. M. 20,40.

Philosophie ist nach Auffassung des Verfassers das System der allgemeinsten Prinzipien, welche jedes besondere Wissen voraussetzt. Die *Natur*wissenschaft, besonders die exakte, bietet, da ihre Sätze die universalste Geltung für die Welt des Wirklichen besitzen, für die Forschungstätigkeit der Philosophie ein besonders geeignetes Feld. Verfasser meint sogar, eine allgemeine Erkenntnislehre „könne nur vom Naturerkennen ausgehen". Andererseits wird umgekehrt auch der Naturforscher, wie Verfasser mit Recht betont, von allen seinen größten Fragen mit Macht zur Erkenntnislehre gedrängt. Hierin liegt zugleich die beste Rechtfertigung dafür, daß die Reihe der naturwissenschaftlichen Monographien und Lehrbücher gerade von einem solchen erkenntnistheoretischen Werk eröffnet wird.

Das Werk zerfällt in drei Hauptteile: 1. Das Wesen der Erkenntnis, 2. Denkprobleme und 3. Wirklichkeitsprobleme.

Im *ersten* Teil wird das Erkennen als ein „Wiederfinden des einen im anderen", eine „Zurückführung des einen auf das andere" definiert und die Bedeutung einerseits der Allgemeinvorstellungen, die *Schlick* nur als anschaulich gelten lassen will (S. 16), und andererseits der Begriffe, die er als etwas Unwirkliches, eine bloße Fiktion betrachtet, für das Erkennen sachgemäß erörtert. Wenn er dabei erklärt, streng genommen gebe es überhaupt keine Begriffe, wohl aber eine *„begriffliche Funktion"*, und diese durch die Intentionalität, d. h. die Beziehung auf einen Gegenstand charakterisieren will und ähnlich wie *Külpe* das Fallen unter einen Begriff lediglich als Zuordnung eines Begriffes auffaßt, so ist gegen die Klarheit und Verträglichkeit dieser Bestimmungen mancherlei einzuwenden. Insbesondere kann ich nicht zugeben, daß das Verhältnis zwischen einem Begriff und den unter ihn fallenden Gegenständen ein bloßes Bezeichnen ist. Überhaupt wäre hier mit der Einführung undefinierter Termini wie Funktion, Zuordnung, Bezeichnung usw. noch mehr Vorsicht geboten gewesen.

Auch die Urteile sind nach Verfasser nur „Zeichen", und zwar „für Tatsachen" (S. 39). Er meint, daß Tatbestände, Relationen zwischen den Gegenständen nicht durch Begriffe, sondern nur durch „neue Zei-

chen", nämlich Urteile, bezeichnet werden können. In der Betonung der Bedeutung der Identität von Raum- und Zeitbestimmungen für das Urteil (S. 49 ff.) nähert sich Verfasser meiner eigenen Urteilstheorie (Deckung der Individualkoeffizienten) in überraschender Weise. Auf die interessanten Erörterungen zugunsten der These: „Ein Urteil, das einen Tatbestand *eindeutig bezeichnet*, heißt wahr" (S. 56 ff.), kann hier nur hingewiesen werden, ebenso auf die Einteilung der Urteile (S. 63). Durch diese und andere Erörterungen gelangt Verfasser zu einer spezielleren Definition des Erkennens: „Erkennen heißt die Tatsachen durch Urteile bezeichnen, aber so, daß dazu eine möglichst geringe Anzahl von Begriffen benutzt wird und dennoch eine eindeutige Zuordnung erreicht wird" (S. 150).

Im zweiten Teil dürfte das Kapitel, welches die „Einheit des Bewußtseins" behandelt (S. 105 ff.), am meisten Beachtung verdienen. *Schlick* will auf jede Erklärung, jedes Erkennen dieser Bewußtseinseinheit verzichten und sie nur durch folgende Sätze wenigstens charakterisieren: Wo Bewußtsein ist, da ist auch Einheit des Bewußtseins, und wo Einheit des Bewußtseins, da ist auch Gedächtnis (vgl. auch die Ergänzung S. 115). Den ersten dieser Sätze hält Referent für nicht beweisbar, den zweiten für richtig und bewiesen (vgl. „Rückbeziehung" meiner Erkenntnistheorie). Verfasser folgert dann weiter, daß die Einheit des Bewußtseins uns gestattet, „unsere Vorstellungen eine gewisse minimale Zeit hindurch so fest zu halten, wie es für den sicheren Vollzug des analytischen Schließens erforderlich ist". Die unbewußte, d. h. nicht von psychischen Prozessen begleitete Tätigkeit der Großhirnrinde (cérébration inconsciente) hätte hier etwas mehr Berücksichtigung verdient. Das Kapitel über die sogenannte innere Wahrnehmung (S. 132 ff.), die Verfasser mit Recht ganz leugnet, ist eines der bestgeschriebenen des ganzen Buches.

Der *dritte* Teil untersucht zuerst die Setzung des Wirklichen, dann seine Erkenntnis und schließlich die Gültigkeit dieser Erkenntnis. Die Setzung des Wirklichen hat es nach *Schlick* zunächst mit der „Aufsuchung eines charakteristischen Merkmals alles Wirklichen" zu tun, und *Schlick* glaubt dies Merkmal in der *Zeitlichkeit* gefunden zu haben (S. 153 und 164 ff.). „Alles, was in Leben und Wissenschaft als wirklich anerkannt wird, ist durch seinen festen Platz in der allgemeinen zeitlichen Ordnung der realen[1]) Dinge und Vorgänge charakterisiert". Die scharfe Erörterung dieses Kriteriums betrachte ich als die wesentlichste Leistung des Buches, wenn ich auch in einzelnen Punkten Einwendungen zu machen hätte. Die zum Teil berechtigte Kritik der Immanenzphilosophie, welche Verfasser hier anschließt (S. 169), trifft nur diejenigen Immanenzsysteme, welche die Komplexe der bei der Empfindung gegebenen Elemente oder das abstrakte Gesetz ihres Zusammenhangs als das Wesen der wirklichen Körper betrachten. Das binomistische Immanenzsystem, wie ich es entwickelt habe, wird von den Einwänden des Verfassers nicht berührt (vgl. außer meiner Erkenntnistheorie die Schrift: Zum gegenwärtigen Standpunkt der Erkenntnistheorie, 1914, S. 18 ff.). Es kann daher auch nicht zugegeben werden, daß „der Immanenzphilosophie" (im weiteren Sinn!) „die letzte mögliche Zuflucht genommen ist".

Die Frage nach der Bestimmung der Erkenntnis des Realen (S. 199 ff.) sucht Verfasser vom Standpunkt der Hypothese zu lösen, daß „die Abhängigkeit der schlechthin gegebenen Elemente voneinander im Prinzip durch dieselbe Gesetzmäßigkeit beherrscht wird wie irgendwelche Vorgänge in der transzendenten Welt und wie die Beziehungen zwischen dieser und den Inhalten meines Bewußtseins" (S. 205). Die Kantsche Trennung von Ding an sich und Erscheinung wird mit guten Gründen abgelehnt, die Identität der räumlichen und zeitlichen Eigenschaften der Vorstellungsinhalte mit denen der physischen Objekte bestritten[2]), ohne den Kantschen Argumenten zugunsten ihrer Subjektivität zuzustimmen. Zu der letzteren Frage bemerkt Verfasser aber sehr richtig: „Wenn die Zeitlichkeit der transzendenten Welt abgesprochen wird, so ist ihre Zeitlosigkeit nicht so zu verstehen, als ob die Begriffe, durch die wir alle Erfahrungen zeitlich einordnen, nicht auch anwendbar wären auf jene Welt; sondern es bedeutet nur, daß sie in ihrer transzendenten Anwendung nicht den anschaulichen Inhalt haben, den bei ihrem immanenten Gebrauch eben die Zeitlichkeit bildet" (temporal und temporativisch in meiner Terminologie).

Gegen das Kapitel „Physisches und Psychisches" (S. 248 ff.) habe ich viele wesentliche Bedenken. Manche Sätze scheinen mir nicht einmal mit den eigenen früheren Erörterungen des Verfassers verträglich zu sein, so z. B. S. 255 der Satz: „Das Psychische besitzt Realität, das Physische ist bloßes Zeichen" (ich denke, nach Verfasser sind die Begriffe die Zeichen; soll nun das Physische doch auf Begriffe reduziert werden und nicht real sein?). Viel zu rasch stellt sich Verfasser auf den Boden des psychophysischen Parallelismus, und zwar „eines erkenntnistheoretischen zwischen den realen psychischen Vorgängen einerseits und einem Begriffssystem andererseits" („denn die „physische Welt" *ist* eben das System der quantitativen Begriffe der Naturwissenschaft"). Die Besprechung der Einwände gegen den Parallelismus enthält im übrigen manches Bemerkenswerte.

Im übrigen akzeptiert Verfasser den *Monismus* in folgendem Sinn (S. 276): „Alle Qualitäten des Universums, alles Sein überhaupt ist insofern von einer und derselben Art, als es der Erkenntnis durch quantitative Begriffe zugänglich gemacht werden kann." Demgegenüber würde sich nur fragen, ob die Reihe der sogenannten sekundären Qualitäten, überhaupt die ganze Tatsachenwelt der Parallelgesetze (einschließlich des Logischen) schon dadurch und nur dadurch, daß sie quantitativ bestimmbaren Reizen und Gehirnerregungen zugeordnet werden kann, monistisch erledigt ist. Die tiefe Verschiedenheit zwischen den Kausalgesetzen und den Parallelgesetzen kommt hier entschieden zu kurz. Die Bemerkungen S. 282 werden der Sonderstellung der letzteren bei weitem nicht gerecht. Es ist nicht richtig, daß die „bunte Wirklichkeit überall von denselben Gesetzen beherrscht wird" (S. 283). Wenn dann *Schlick* schließlich erklärt: Soweit die Welt erkennbar ist, ist sie einheitlich, und ihre Einheit hat keinen anderen Sinn als die „Tatsache der Erkennbarkeit", so wird man zu fragen haben, wo das Merkmal der *quantitativen* Erkennbarkeit geblieben ist.

Besonderes Interesse beansprucht im dritten Teil auch das Kapitel: Gibt es eine reine Anschauung? (S. 297 ff.), u. a. wegen der Beziehungen dieser Frage

---

[1]) Die Formulierung, insbesondere die auf eine Diallele verdächtige Einschiebung des Worts „realen" ist nicht ganz glücklich.

[2]) Beiläufig bemerke ich, daß die Bezeichnung Riehl-Heymanssche Hypothese S. 221 (kinästhetische Raumtheorie) historisch nicht ganz genau ist.

zur Relativitätstheorie. *Schlick* kommt zu dem Ergebnis, daß „die Geometrie nicht nur als reine Begriffswissenschaft, sondern auch als Wissenschaft vom Raum, also in ihrer Anwendung auf die Natur, nicht ausgeht von synthetischen Sätzen a priori, sondern von impliziten Definitionen“ (im Sinne *Hilberts*). Auch als Wissenschaft vom Raum soll sie reine Begriffswissenschaft sein und gar nicht etwas Anschauliches zum Gegenstand haben. Von der „wirklichen anschaulichen Ausdehnung, von der Räumlichkeit, wie wir sie auf den verschiedenen Sinnesgebieten erleben“, ist nach *Schlick* nur empirische Erkenntnis möglich. Ich vermisse hier namentlich den Nachweis einerseits, daß die Räumlichkeit, welche wir aus unseren verschiedenen Empfindungsgebieten durch Abstraktion konstruieren, unanschaulich ist, und zweitens, daß der geometrische Raum nur ein begriffliches Hilfsmittel zur Bezeichnung der Ordnung des Wirklichen ist.

Die entsprechenden Ausführungen über die reinen Denkformen sind zu kurz, um dem Problem ganz gerecht zu werden. In der Ablehnung der Substanzidee im Kantschen Sinne hat Verfasser sicher Recht, aber man wird zu erwägen haben, ob die Naturwissenschaft mit der Auffassung „ihrer Substanz, also der Materie“ „lediglich als Zusammenhang gesetzmäßig wechselnder Qualitäten“ das Problem wirklich erledigt hat, insbesondere ob diese gesetzmäßig wechselnden Qualitäten sich nicht doch wieder als Substanzen im alten Sinn (z. B. von *Leibniz*) entpuppen. Den im wesentlichen mit *Hume* übereinstimmenden Ausführungen über induktive Erkenntnis wird man in den wesentlichen Punkten durchaus beistimmen können.

Die Darstellung des Verfassers ist durchweg klar und leicht verständlich. Philosophische Fachausdrücke werden, soweit sie verwendet werden, ausreichend erklärt. Allenthalben ist die Literatur berücksichtigt, die wichtigsten Werke werden sorgfältig zitiert.

Unzweifelhaft ist das Schlicksche Buch in ausgezeichneter Weise geeignet, den Naturforscher in den heutigen Stand der erkenntnistheoretischen, insbesondere der naturphilosophischen Probleme einzuführen. Daß dabei der physikalische Standpunkt besonders stark hervortritt, schmälert den Wert des Werks nicht, da die Naturphilosophie es zurzeit noch ganz vorwiegend mit der erkenntnistheoretischen Aufklärung der physikalischen Tatsachen zu tun hat. Abgesehen von dem hohen didaktischen Wert des Buchs bringt es außerdem auch viele neue und zum Teil sicher richtige Gedanken, so daß es auch als ein wertvoller Baustein der erkenntnistheoretischen Wissenschaft betrachtet werden kann. *Th. Ziehen, Halle.*

Tendeloo, N. Ph., Allgemeine Pathologie. Berlin, J. Springer, 1919. XII, 907 S. und 354 vielfach farbige Abb. Preis geh. M. 48,—, geb. M. 54,—.

Das Buch ist nicht für die Studierenden bestimmt. Das ergibt schon die ungleichmäßige Behandlung des Stoffes. So sind z. B. die physikalisch-chemischen „krankmachenden Faktoren“ in einem unverhältnismäßig langen Abschnitt auf mehr als 100 (von 900) Seiten besprochen. Auch ist die Schilderung für Studierende nicht einfach, übersichtlich und systematisch genug, und der Verfasser gibt im Vorwort selbst an, daß didaktische Überlegungen nicht maßgebend gewesen sind. Das Buch muß also aus wissenschaftlichen Gesichtspunkten beurteilt werden.

Da ist zunächst zu sagen, daß die Darstellung eigenartig ist, daß sie den Stoff in den einzelnen Kapiteln ohne bestimmte Anordnung, ohne Schematisierung so aufbaut, wie er sich im Gedankengang des Verfassers gerade am passendsten darbot. Dabei wird vieles eingefügt, was man dort sonst nicht oder nicht in der gleichen Weise oder nicht in derselben Ausführlichkeit verwertet zu finden gewohnt ist, z. B. die Dystrophia musculorum bei der Hypertrophie, das mal perforant bei Nekrose usw. So wird das Lesen des Buches anregend und der Fachgenosse sowie der schon anderweitig allgemein-pathologisch vorgebildete Arzt wird es mit Interesse und Nutzen zur Hand nehmen.

Der Inhalt des Buches bietet durch Heranziehung von Gebieten, die sonst in gleicher Ausdehnung nur in Lehrbüchern der pathologischen Physiologie besprochen werden, mehr als andere allgemeine Pathologien. Er zerfällt in vier Abschnitte, von denen der erste auf 20 Seiten „allgemeine Begriffe“ bespricht und eine Definition der Krankheit gibt, die sich mit der vom Referenten vertretenen und viel angefochtenen grundsätzlich deckt. *Tendeloo* bezeichnet als Krankheit „eine Summe von Funktionsstörungen“.

Der zweite Abschnitt enthält die allgemeine Ätiologie und Pathogenese. In ihm werden die „krankmachenden ursächlichen Faktoren“ dargestellt, darunter jene physikalisch-chemischen, mit denen der Verfasser sich in eigenen Untersuchungen viel beschäftigt hat und denen er neue Seiten abgewinnt, ferner die wesentlich kürzer gehaltene Infektion, die Konstitution, die Mißbildungen, die Erblichkeit.

Der dritte Abschnitt umfaßt die Störungen der Ernährung und darunter weitaus das meiste von dem, was sonst in einem Lehrbuch der allgemeinen Pathologie abgehandelt wird. Dazu einige allgemeine Bemerkungen. Die Ernährungsstörungen werden in örtliche und allgemeine eingeteilt. Unter die ersten werden zunächst gerechnet die Atrophie, Hypertrophie, Dystrophie, Degeneration, Nekrose, Gangräne. Diese auch sonst gebräuchliche Anordnung kann man nicht glücklich nennen. Denn es werden hier zwei Dinge durcheinander geworfen, nämlich einmal die Ernährungsstörung als ätiologischer Faktor, der einen kleinen Teil jener Vorgänge bedingt, so die Atrophie bei Nahrungsmangel, Nekrose bei Gefäßverschluß und zweitens und vorwiegend die Ernährungsstörung als Folge einer jeden auf irgend eine Weise, vor allem durch Gifte, Toxine entstandenen regressiven Veränderung, die notwendig eine geschädigte Ernährung mit sich bringt. So ist die allgemeine Kategorie „Ernährungsstörung“ nicht einheitlich und eben deshalb nicht zu empfehlen.

Unter die Ernährungsstörungen wird auch die Entzündung gerechnet. Das geht nicht. Gewiß finden sich in den entzündeten Gebieten Störungen der Ernährung, aber sie sind veranlaßt durch die in den Geweben von den Entzündungserregern hervorgerufenen Schädigungen der Zellen. Das, was aber die Entzündung eigentlich kennzeichnet, die Emigration und die Gewebewucherung, das hat mit Ernährungsstörungen nichts zu tun, das ist nur der Ausdruck eines lebhaften nicht geschädigten Lebens.

Weiter wird auch die Geschwulstbildung unter den Ernährungsstörungen abgehandelt. Aber auch das ist nicht möglich. Wenn man die Geschwulst, wie es der Verfasser in erfreulicher (wenigstens teilweiser) Übereinstimmung mit dem Referenten tut, als selbständige umschriebene Gewebsneubildung definiert, dann kann man für ihr Zustandekommen doch unmöglich eine Ernährungsstörung verantwortlich machen. Wären die Zellen wirklich so geschädigt,

daß daraus eine Ernährungsstörung folgte, dann würden sie eben nicht wachsen. Nebenbei sei hier bemerkt, daß *Tendeloo* die Geschwülste in ganz anderer Reihenfolge bespricht als es üblich ist. Er beginnt ohne ersichtlichen Grund mit dem Myom, dann folgen die Tumoren des Nervensystems, der Gefäße, des Bindegewebes usw.

So weit die örtlichen Ernährungsstörungen. Als allgemeine werden bezeichnet die Fettsucht, Gicht, der Diabetes, die Rhachitis, Osteomalazie. Nun sind aber die drei erstgenannten Krankheiten keine primären, ätiologisch bedeutsamen Ernährungsstörungen, sondern konstitutioneller Natur, also abhängig von erworbenen oder ererbten abnormen Zuständen gewisser Organe oder Organsysteme, die wir bis jetzt nur unvollständig kennen. Aber gerade deshalb bezeichnet man sie als allgemeine Ernährungsstörungen, obgleich wir wissen, daß ein Teil des Diabetes von Pankreasveränderungen ebenso abhängt wie die Allgemeinkrankheit bei Lungentuberkulose, bei Leberzirrhose usw. von den geschädigten Organen. Und nur darum bespricht man diese Erkrankungen nicht bei den allgemeinen Ernährungsstörungen, weil man die primären Organveränderungen greifbar vor sich hat. Und so wird es sich mit der Zeit auch bei jenen anderen Störungen (Gicht, Fettsucht usw.) herausstellen.

Der vierte und letzte Abschnitt behandelt die allgemeinen Funktionsstörungen der Organe. Unter diese wird auch das Blut gerechnet und seine Veränderungen, Thrombose und Embolie, und die Störungen der Blutbewegung werden daher erst in diesem Zusammenhange abgehandelt. Dann folgen die Herztätigkeit, die intrathorakalen Druckverhältnisse, Lunge und Atmung, Verdauung und Resorption, Störungen der Tätigkeit der Nieren und des Zentralnervensystems. Eine solche Darstellung findet sich in anderen allgemeinen Pathologien nicht, und so ist sie zweifellos verdienstlich. Aber sie hätte gewonnen, wenn der Verfasser nicht, wie übrigens auch in früheren Teilen des Buches, bei den einzelnen Gegenständen zu objektiv referierend vorgegangen wäre. Eine Ausnahme macht er nur in den Kapiteln, die sich auf mechanische, ihn besonders beschäftigende Fragen beziehen und subjektiver gehalten sind. Die meisten anderen Abschnitte machen mehr den Eindruck zusammenfassender referierender Darstellungen, die man wohl in einem studentischen Lehrbuch, nicht aber in einem wissenschaftlichen Werke erwartet. Die eigene Meinung hätte, auch auf die Gefahr Widerspruch zu erregen, mehr zur Geltung kommen dürfen. Dann wäre das Buch noch anregender geworden.

H. Ribbert, Bonn.

Coenen, Hermann, Der Gasbrand. Berlin, Julius Springer, 1919. VI, 130 S. und 42 Abb. Preis M. 12,—.

Die eingehende Monographie bringt unter Erfassung der gesamten bakteriologischen und chirurgischen Literatur einen Abschluß der im Kriege so viel erörterten Frage der Wundinfektion mit Gasbranderregern. Gruppierung der einzelnen Bakterienarten, Giftbildung, Tierexperimente werden genau beschrieben und kritisch gewürdigt, der Fraenkelsche Gasbazillus und der Bazillus des malignen Oedems (*Pasteur* und *R. Koch*) als die gefährlichsten Erreger angesprochen.

Die Keime führen im Darmkanal von Menschen und Tieren ein harmloses Schmarotzerdasein, gelangen durch die Düngung in die Erde und von da aus in die Wunden (Sprenggeschosse). Trotzdem die Gasbazillen nur unter Sauerstoffabschluß gedeihen, können sie längere Zeit im O-reichen Blut vegetieren und kreisen, also auch allgemeine Blutvergiftung hervorrufen. Stets geht die Erkrankung von der Infektion einer Muskelwunde aus und ist durch entzündungsfreie Muskelzersetzung charakterisiert. In ungenügend durchbluteten, gequetschten, buchtigen Wunden finden sie die beste Brutstätte, wobei wahrscheinlich die entzündungshemmende Wirkung der Gasbrandgifte die schnelle Ausbreitung des Prozesses fördert. Durch Vergärung der Kohlehydrate des Muskels erzeugen die Keime Kohlensäure, durch Eiweißzersetzung Schwefelwasserstoff. Neben dem rapiden Wachstum der Bazillen stellt die Fähigkeit ihrer Gifte, Gefäßverengerung und Blutpfropfbildung zu bewirken, ein begünstigendes Moment für den Fortschritt des Gasbrands dar. Außerdem findet eine Zersetzung des Blutes statt: der Blutfarbstoff ist nicht mehr an die roten Blutkörperchen gebunden, sondern erscheint frei im Serum und Urin. — Neueren Theorien entsprechend wird die Vergiftung als eine Überempfindlichkeitsreaktion des Körpers gegenüber dem Muskeleiweißzerfall und als Säurevergiftung betrachtet; für diese Auffassung sprechen zahlreiche klinische Zeichen.

Die Diagnose, Symptomatologie, Behandlung, Vorbeugung, Prognose des Gasbrands wird an der Hand besonders reicher eigener Erfahrungen des Verfassers detailliert besprochen, das Resultat dahin zusammengefaßt: leichtere Fälle stauen (*Bier — Thies*), schwere ausgiebig mit dem Messer freilegen oder amputieren. — Die Gesamtziffer der Gasinfektionen bei Kriegsverwundungen in der deutschen Armee wird mit 3 % angegeben. —

Bei der Darstellung der Serumtherapie des Gasbrands werden die großen Schwierigkeiten aufgezeigt, die die Verschiedenheit und Zahl der Gasbazillenarten und die zwiefache (bakterielle und gewebszersetzende) Natur der Gasbrandgifte der Gewinnung eines zureichenden Serums entgegenstellen. Vervollständigt wird die Arbeit durch die Beschreibung der oft verkannten eitrigen Zellgewebsentzündung mit Gasbildung, die sich — von einem Gemisch andersartiger Mikroben hervorgerufen — vom echten Gasbrand durch deutliche Entzündungserscheinungen scharf unterscheidet. Die Schlußkapitel behandeln die seltene Gas-Bauchfellentzündung, die atmosphärische Luft in Schußwunden und anhangsweise die (von den Hohlräumen des Stirnbeins und den Zellen des Warzenfortsatzes ausgehenden) Luftansammlungen im Schädel und in Hirnverletzungen, — Die zahlreichen Abbildungen sind außerordentlich naturgetreu und scharf.

O. Wassertrüdinger, Berlin.

Riecke, Lehrbuch der Physik. Herausgegeben von Prof. *Lecher*. 1. Band: Mechanik und Akustik. Wärme, Optik. 6. Auflage. Leipzig, Veit & Comp., 1918. XVI, 644 S. und 444 Fig. Preis geh. M. 18.—, geb. M. 22,— + T.

Der Verfasser hat seinen im Vorwort mitgeteilten Vorsatz, die glückliche Wesensart des Rieckeschen Buches zu bewahren, nämlich dem Leser die grundlegenden Prinzipien der Physik in elementarer Behandlung vor Augen zu führen, mit Erfolg ausgeführt. Viele Hauptkapitel der Mechanik, Wärme und Optik sind in gekürzter Form, sonst aber fast wörtlich in das neue Buch übernommen worden. Diese Gebiete sind jedoch, um das Buch den neuen Ergebnissen der Forschung anzupassen, durch Umarbeitung mehrerer Kapitel sowie durch Hinzufügung neuer wesentlich ergänzt worden.

Äußerlich erscheint als bedeutendste Neuerung, daß Mechanik, Wärme und Optik nunmehr im ersten Bande

zusammengefaßt sind und so der zweite Band ausschließlich der Lehre von der Elektrizität und dem Magnetismus vorbehalten bleibt. Durch die Behandlung der Wärmelehre zwischen Mechanik und Optik — also nicht mehr hinter der Elektrizitätslehre — wird ein Wunsch vieler Leser des Riekeschen Buches erfüllt. Ein Lehrbuch der theoretischen Physik, das bei seinen Lesern eine gewisse Kenntnis der physikalischen Lehren voraussetzt, kann die Theorie der Wärme auch nach der der Elektrizität bringen. Ein Werk aber, daß seine Leser erst mit den Fundamentalprinzipien bekannt machen will, muß Mechanik und Wärmelehre an die Spitze seiner Darlegungen stellen; denn es bilden der erste und zweite Hauptsatz der Wärmetheorie und die Gesetze der idealen Gase fast ebensosehr wie die Prinzipien der Statik und Dynamik die Grundlagen zum Verständnis der übrigen physikalischen Gesetze und Erscheinungen.

Trotz der starken stofflichen Vermehrung des Inhalts des ersten Bandes umfaßt dieser nur wenige Seiten mehr als der der früheren Ausgabe. Das war wohl nur dadurch möglich, daß der Verfasser der Ableitung und Erläuterung der einzelnen Grundsätze eine viel kürzere und knappere Form gegeben hat. Viele umständliche Erklärungen und das Eindringen in verwickelte Einzelheiten sind fortgelassen und Kapitel, die ähnliche Gegenstände behandelten, wurden zusammengezogen — siehe das nunmehr in sich geschlossene Kapitel der optischen Spektra —. Durch diese Kürzungen hat die gesamte Darstellung an Übersicht, Geschlossenheit und vor allem an Klarheit außerordentlich gewonnen. Einige Beispiele für die geschickte Arbeit des Verfassers mögen hier angeführt werden. Man betrachte die in dem neuen Buch viel kürzere und klarere elementare Behandlung des physischen Pendels oder wenige Seiten später die leicht verständliche Darlegung der Grundgedanken der Kreiselbewegung und des Auftretens der der Schwere entgegenwirkenden Kräfte.

Die knappere Darstellung allein genügte aber nicht, um bei der Fülle des Stoffes die Handlichkeit des Buches zu ermöglichen. Der Verfasser hat sich daher zu Opfern entschlossen. So sind leider eine Reihe elementarer praktischer Anwendungen der Physik in noch größerem Maße wie bei der früheren Auflage unberücksichtigt geblieben oder doch nur hinsichtlich der zugrunde liegenden Prinzipien behandelt worden. Vergebens würde man sich über die Dampfmaschine oder das Mikroskop etwas genauer zu orientieren versuchen. Der Grundgedanke ist zwar klar erläutert, aber ein etwas näheres Eingehen auf diese wichtigen Maschinen und Instrumente wird leider vermißt.

Ähnlich steht es mit den in dem Buche gebrachten Abbildungen, die meistens rein schematischer Natur sind. Das Buch würde sicher, besonders für den jüngeren Studierenden, gewinnen, wenn das Werk mit etwas anschaulicheren Figuren ausgestattet würde.

Sicherlich ist es sehr schwer, in dem Rahmen eines solchen Werkes auf die praktisch-technischen Anwendungen der Physik ausführlich einzugehen. Würde es sich nicht aber ermöglichen lassen, im engen Anschluß an ein solches Buch einen besonderen Band oder Anhang — vielleicht unter Mitwirkung von Männern der Technik — herauszugeben, der nur die wichtigsten technischen *Anwendungen* der Physik behandelt und die zugrunde liegenden Gesetze aus dem Lehrbuch als bekannt voraussetzt? Sicher würde ein solches Werk älteren und jüngeren Physikern willkommen sein.

Das vorliegende Werk ist als Lehrbuch in erster Reihe für den Studierenden der wissenschaftlichen Physik bestimmt. Jedoch auch der Techniker resp. der in der Technik stehende Physiker wird es mit Vorteil benutzen können; denn es stellt das Gebäude des physikalischen Wissens umfassend in logischer Kürze und doch leicht verständlich dar. Auch auf die Wege der neuesten Forschung werden wir geführt und es wird dem Leser dadurch eine Fülle interessanter Anregungen zur Weiterarbeit gegeben. In wichtigen Fällen ist der Verfasser im Gegensatz zu dem oben Gesagten erfolgreich bemüht, die abstrakten Gesetze durch ihre Anwendungen in wissenschaftlicher und auch in technischer Hinsicht dem Verständnis des Lesers näher zu bringen. So wird man bei Erklärung des begrifflichen Unterschiedes von schwerer und träger Masse mit den Gravitationsmessungen *Rolands von Eötvös* bekanntgemacht. Bei der Kreiselbewegung werden dem Foucaultschen und Anschützschen Kreiselkompaß und dem Torpedo-Geradelauf-Apparat von *Obry* besondere Abschnitte gewidmet. Anläßlich der Siede- und Verdunstungserscheinungen wird die Gaedesche Diffusionsluftpumpe und bei dem Kapitel über die Atomistik die Molekularluftpumpe desselben Erfinders vorgeführt. Wo also ein wichtiges Prinzip in Rede steht, werden auch seine wichtigsten technischen Anwendungen nicht fortgelassen.

Mit den beiden Hauptsätzen der Wärmetheorie ist nunmehr auch das Nernstsche Theorem als gleichbedeutend behandelt worden. Seine bekannteste Anwendung, die Berechnung der Umwandlungstemperatur des rhombischen in monoklinen Schwefel, wird ebenfalls erwähnt. Besonders möchte ich noch das schöne Kapitel über die Atomistik und die statistischen Betrachtungsweisen in der Physik hervorheben. Es ist sehr erfreulich, daß der Verfasser den Leser in diese statistischen Methoden, die trotz ihrer hervorragenden Bedeutung für die moderne Physik anderwärts oft vernachlässigt werden, einzuführen versucht. Endlich wird auch die Einsteinsche spezielle und allgemeine Relativitätstheorie, und zwar in besonderen Abschnitten behandelt, wenn es natürlich auch ganz unmöglich bleibt, in dem Rahmen eines solchen Lehrbuches die Bedeutung dieser Theorien eingehend zu entwickeln.

Es bleibt noch zu erörtern, wie der Verfasser sich zu der Frage der mathematischen Ableitungen der Gesetze stellt. Dem Leserkreis entsprechend, für den dieses Buch bestimmt ist, verzichtet er darauf, bei seiner Darstellung die höhere Mathematik anzuwenden. Hier schlägt der Verfasser den Weg ein, sich auf die elementare mathematische Ableitung der wichtigsten Gesetze zu beschränken. Formeln dagegen, die mit Hilfe der höheren Mathematik in wenigen Zeilen hergeleitet werden können, auf elementarem Wege sich aber nur aus umständlichen Rechenoperationen ergeben, werden nur im Resultat mitgeteilt. Den Lesern aber, denen ein tieferes Eindringen in diese Gebiete wünschenswert erscheint, weisen reichliche Literaturangaben auf die Quellen hin.

Aus dieser Darlegung wird man erkennen, daß das Rieckesche Lehrbuch durch die Lechersche Bearbeitung in wesentlichen Beziehungen an Bedeutung und Gebrauchswert gewonnen hat.

Hartmut Kallmann, Berlin-Westend.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Salzgehalt-Meßgeräte. Auf Kriegs- und Handelsschiffen werden Meßeinrichtungen gebraucht, um den Salzgehalt von Kesselspeisewasser und Trinkwasser festzustellen. Besonders seit Einführung der Wasserrohrkessel, die schon bei geringem Salzgehalt des Speisewassers leicht überkochen, werden an Stellen, an denen eine Salzwasserbeimischung zum Speisewasser zu befürchten ist, empfindliche elektrische Salzmeßeinrichtungen eingebaut. Der Grundgedanke dieser Messung besteht darin, daß an zwei in das zu messende Wasser gesteckte Platinelektroden eine bestimmte Spannung angelegt und die sich einstellende Stromstärke bzw. der Widerstand gemessen wird. Da ganz reines Kondensat fast gar nicht leitet, die Stromstärke aber mit dem Salzgehalt zunimmt, so kann aus den Ablesungen der Stromstärke ein Schluß auf den Salzgehalt gezogen werden. Weil aber die Stromstärke nicht nur vom Salzgehalt, sondern in erheblichem Maße auch von der Temperatur abhängt, so muß gleichzeitig auch eine Temperaturmessung vorgenommen werden. Der Salzgehalt erscheint als eine Funktion von Stromstärke und Temperatur. Fig. 1 zeigt eine Kurvenschar mit der Temperatur als Parameter. Der Einfluß der Temperatur auf den Widerstand der Lösung mit *geringem* Salzgehalt ist aus der folgenden Tabelle zu ersehen.

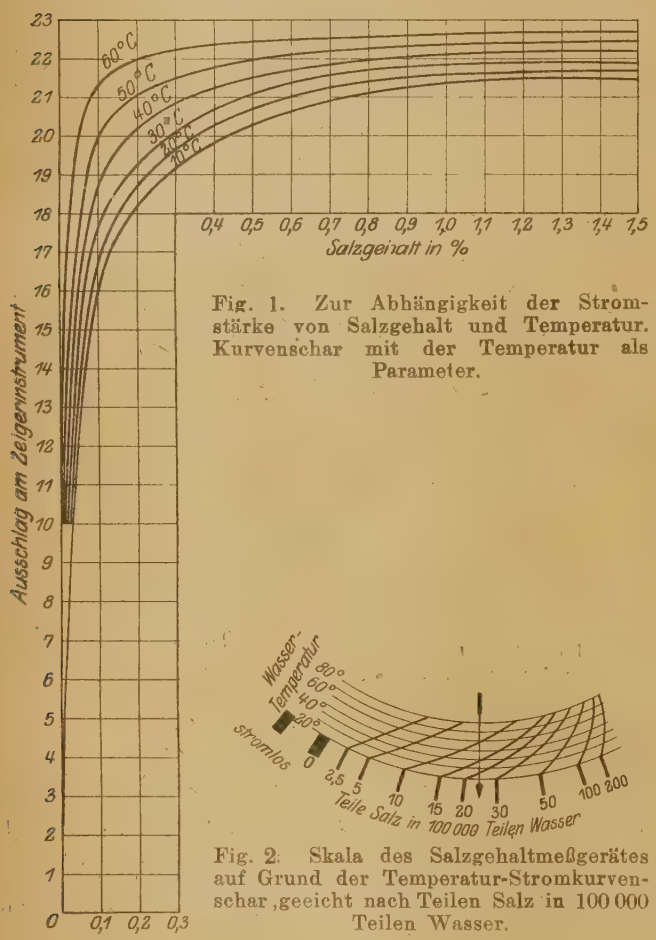


Fig. 1. Zur Abhängigkeit der Stromstärke von Salzgehalt und Temperatur. Kurvenschar mit der Temperatur als Parameter.

Fig. 2. Skala des Salzgehaltmeßgerätes auf Grund der Temperatur-Stromkurvenschar, geeicht nach Teilen Salz in 100 000 Teilen Wasser.

Widerstände in Ohm.

Salzgehalt in %	Temperaturen 0°	20°	40°	60°	80°
0,0025	25 640	16 410	10 502	6722	4302
0,005	14 797	9 470	6 061	3879	2483
0,010	7 969	5 100	3 264	2089	1337
0,015	5 281	3 380	2 163	1384	886
0,020	4 063	2 600	1 664	1085	694
0,030	2 851	1 825	1 168	747	479
0,050	1 750	1 120	717	459	294
0,100	937	600	384	245,6	157,3
0,200	521,9	334	213,8	136,8	87,3

Das Salzgehaltmeßgerät ist demnach eine Kombination von einem Strommesser und einem Thermometer. Der Strommesser hat eine nach Salzgehalt geeichte Skala für eine bestimmte Temperatur (20° C). Erfolgt an dieser Teilung eine Ablesung auch wenn höhere Wassertemperaturen vorhanden sind, so wird zunächst ein höherer Salzgehalt abgelesen, als er tatsächlich vorhanden ist. Deshalb wird es genügen, zunächst fortlaufend die Zeigerstellung in der 20°-Skala abzulesen, solange nicht der höchstzulässige Wert des Salzgehaltes angezeigt wird. Nun steht aber nichts im Wege, konzentrisch zur 20°-Skala eine zweite für 40°, eine dritte für 60° usw. anzubringen und zu eichen. Verbindet man auf diesen konzentrischen Skalen die Punkte gleichen Salzgehaltes, so gilt die Bezeichnung auf der 20°-Skala gleichzeitig auch für alle übrigen Skalen, und es entsteht das Bild Fig. 2 mit folgenden Ablesungen bei der gezeichneten Zeigerstellung:

Temperatur:	20	30	40	50° C	
Salzgehalt:	24	18	15	12	Teile Salz in 100 000 Teilen Wasser.

Jetzt kann man, wenn die 20°-Skala mehr als den höchstzulässigen Wert anzeigt, nach Bestimmung der Wassertemperatur feststellen, ob der Grenzwert des Salzgehaltes tatsächlich überschritten ist.

Die praktisch eingeführten Einrichtungen sind nun nicht so beschaffen, daß ein Meßgefäß vorhanden ist, in das von Fall zu Fall die zu messende Flüssigkeit eingefüllt wird, sondern die Apparate sind direkt in die Rohrleitungen eingebaut; dadurch wird aber der Meßstromkreis geerdet. Das ist an Bord nicht ohne weiteres zulässig. Sofern man also den Meßstrom der Gleichstromanlage des Schiffes entnehmen will, müßte man eine besondere Batterie oder einen Motorgenerator mit sorgfältig isoliertem Stromkreis und mit konstanter Spannung aufstellen. Nun hat man aber neuerdings an Bord in vielen Fällen auch Wechselstrom für die Kommandoanlage zur Verfügung. Bei dieser Stromart ist die Isolierung eines bestimmten Stromkreises vom übrigen Netz des Schiffes mit Hilfe eines Transformators sehr einfach vorzunehmen. Ein weiterer Vorteil des Wechselstromes liegt darin, daß die Elektroden nicht polarisiert sind und infolgedessen schädliche Ablagerungen vermieden werden.

Aus diesem Grunde baut die Siemens & Halske Aktiengesellschaft, Wernerwerk, ihre Salzgehaltmeßgeräte für Betrieb mit Wechselstrom. Dieses in die Rohrleitungen eingebaute Meßgefäß ist ungefähr wie ein Wasserstandsglas eingerichtet (Fig. 3). Die Elektroden befinden sich in einem zylindrischen durchsichtigen Quarzglasrohr, das auswechselbar ist und übrigens auch den unvermittelten Temperaturwechsel von nahezu siedendem zu kaltem Wasser aushält. Würde man nur 2 Elektroden verwenden, so würde man 2 Stromzweige erhalten, den beabsichtigten in der

Wassersäule zwischen den Elektroden und einen unbeabsichtigten im Rücken der Elektroden, der infolge seiner Unkontrollierbarkeit eine merkliche Fehlerquelle darstellt. Siemens & Halske verwenden deshalb 3 Elektroden.

Um das Meßresultat noch unabhängig von den unvermeidlichen Spannungsschwankungen der Stromquelle zu machen, wird der Strommesser (Fig. 3 links) als Drehspulinstrument mit Doppelsystem nach dem Quotienten-Meßprinzip ausgebildet. Die

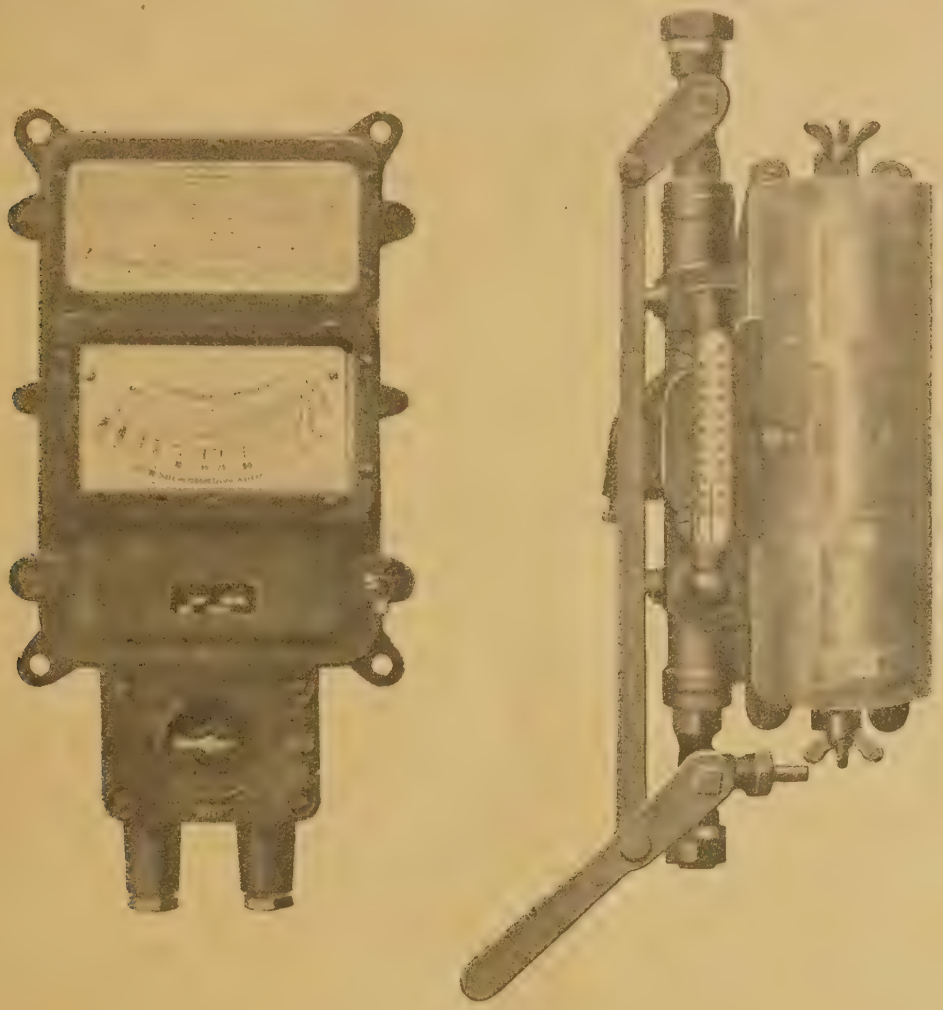


Fig. 3. Salzgehaltmeßgeräte.

Eigenart dieses Meßinstrumentes liegt darin, daß die Gegenkraft für das bewegliche System bzw. das Drehmoment, das dem Ausschlagen des Zeigers entgegenwirkt, nicht durch Spiralfedern erzeugt wird, wie bei dem einfachen Drehspulsystem, sondern mittels einer zweiten, auf der gleichen Achse sitzenden stromführenden Spule. Die Stromzuführung zu den beiden Spulen erfolgt durch dünne Metallbändchen, die praktisch keine Richtkraft ausüben. Im stromlosen Zustand des Systemes ist also überhaupt kein Drehmoment vorhanden. Der Zeiger nimmt daher keine bestimmte Ruhelage auf der Skala ein.

Die beiden Spulen des Meßsystems stehen mit ihren Flächen rechtwinklig zueinander, sind auf der gleichen Achse angeordnet und bewegen sich in dem Felde einer dritten festen Spule. Werden beide Drehspulen von der gleichen Spannungsquelle gespeist, so entstehen bei entsprechendem Wicklungssinne der Spulen in ihnen entgegengerichtete Drehmomente. In jeder Spule fließt ein Strom, der dem Gesamtwiderstande des zugehörigen Stromkreises proportional ist. Für die Spule 1 wird dieser Kreis gebildet aus dem Spulenwiderstande selbst und einem festen Vergleichwiderstand. Für die Spule 2 setzt sich der Kreis zusammen aus dem Spulenwiderstand und dem zu messenden Widerstand der Wassersäulen zwischen den Elektroden. Der Stromkreiswiderstand ist also für Spule 1 konstant und für Spule 2 bestimmt durch den Salzgehalt des zu untersuchenden Wassers. Aus dem Umstande, daß die Ströme in den beiden Spulen der Meßspannung proportional sind, ergibt sich, daß der Quotient aus den Strömen unabhängig von der Meßspannung ist. Wie man aber leicht nachweisen kann, ist die Einstellung des beweglichen Systemes bzw. der Ausschlag des Zeigers abhängig von dem Verhältnis der Stromstärken der beiden Spulen.

Stauch, Siemensstadt.

Über den Einfluß des Windes auf die Gezeiten mit besonderer Berücksichtigung Wilhelmshavens und der Deutschen Bucht ist eine Veröffentlichung von Dr. *Leverkinck* erschienen (Veröffentlichungen des Observatoriums in Wilhelmshaven, Berlin 1915), die erst

jetzt allgemein zugänglich wird, da sie während des Krieges aus naheliegenden Gründen von der Zensur zurückgehalten wurde. Das behandelte Problem hat abgesehen von seinem wissenschaftlichen Interesse auch große praktische Bedeutung für Fragen des Schiffbaus und der Wasserbautechnik.

Die *beobachteten* Hoch- und Niedrigwasserhöhen in Wilhelmshaven stimmen mit den nach der Lubbockschen Methode durchgeführten *Vorausberechnungen* der Jahre 1902 bis 1911 sehr häufig nicht überein. Es entsteht nun die Frage, ob die festgestellten Differenzen nur vom Einfluß des Windes und Luftdruckes herrühren, d. h. ob die Vorausberechnungen auch genau sind und ihnen nicht noch irgendwelche periodische Ungenauigkeiten anhaften, die von astronomischen Ursachen oder der lokalen Gestaltung der Gezeitenwelle herrühren. Die Untersuchung der halbmonatlichen und der täglichen Ungleichheit der Gezeiten von Wilhelmshaven ergab, daß eine geringe Verbesserung der *halbmonatlichen* Ungleichheit in Zeit und Höhe erforderlich ist, die Genauigkeit der *täglichen* Ungleichheit in Zeit und Höhe aber allen Ansprüchen genügt. Nach Verbesserung der Vorausberechnungen mit den neugewonnenen Konstanten der halbmonatlichen Ungleichheit in Zeit und Höhe sind die gefundenen Differenzen zwischen Beobachtung und Vorausberechnung als frei von irgendwelchen astronomischen und aus der lokalen Gestaltung der Gezeitenwelle herrührenden Einflüssen zu betrachten und allein der gemeinsamen Wirkung des Windes und Luftdrucks zuzuschreiben. Diese beiden Faktoren voneinander zu trennen, ist bislang nicht völlig einwandfrei gelungen, es ist in vorliegender Arbeit ganz davon abgesehen worden.

v	A	Δk	c_1
2	+3,3100	+ 3,2°	−1,1800
7	+0,7525	+ 9,1°	−0,1160
13	+0,5217	+18,2°	−0,0300
20	+0,3863	+39,4°	−0,2756

Die Windrichtung w ist von N über O, S, W gezählt v ist in m/sec zu rechnen, Δh ergibt sich in cm.

Außerdem wurden die Δh der harmonischen Analyse unterworfen, indem von folgender Grundgleichung ausgegangen wurde:

$$\frac{\Delta h}{v^2} = A_0 + R_1 \cos(n t - k_1) + R_2 \cos(2 n t - k_2) -$$

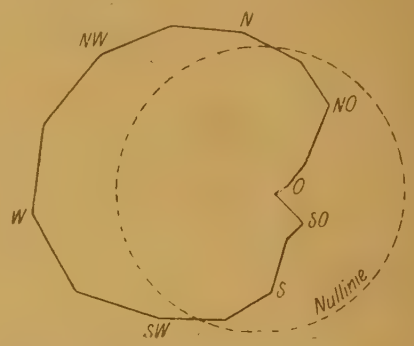


Fig. 1. Gezeitenwindrose, darstellend das durchschnittliche B—R der Hochwasserhöhen bei gleichzeitig wehenden Winden von 3—5. *Beaufort* (Jahrg. 1903—1909).

Differenz (B—R) zwischen den beobachteten (B) und vorausberechneten (R) Hochwasserhöhen zu Wilhelmshaven in cm geordnet nach Windrichtung und -stärke (nach *Beaufort*) gemittelt aus 4000 (B—R) der Jahre 1903—1909.

Windrichtung / Windstärke	N	NNO	NO	ONO	O	OSO	SO	SSO	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
0—2	— 4	—5	— 7	—15	—18	—19	—19	—12	— 8	— 3	+ 2	+ 8	+10	+ 9	+ 4	— 1
3—5	+ 5	—4	—14	—35	—45	—49	—34	—33	—15	— 3	+ 8	+25	+32	+31	+25	+15
6—8	+ 48	—8	— 7	—52	—93	—106	—114	—103	—21	+19	+20	+45	+69	+85	+90	+49
>8	+121	—	—32	—	—	—	—	—	—46	—	— 7	+54	—	+177	+249	—

In obiger Tabelle tritt deutlich hervor, daß die Winde von WSW bis NW und N eine starke Erhöhung, die von ONO bis SSO dagegen eine starke Erniedrigung des Wasserspiegels bewirken. Die folgende graphische Darstellung zeigt, daß der Richtungsunterschied der die höchsten bzw. niedrigsten Wasserstände bewirkenden Winde etwa 180° ist. Dies ist bei allen Windstärken der Fall.

Die positiven Maxima liegen für die Stärken O—5 etwa bei W bis NW, die negativen bei O bis SO, sie verschieben sich aber bei großen Windstärken nach NNW bzw. SSO.

Eine eingehende rechnerische Bearbeitung des Materials ergab, daß sich die Beziehung zwischen Windrichtung und -stärke und den $(B—R) = \Delta h$ sehr gut durch eine Formel von der Form $\Delta h = \alpha \cdot v^2$ ausdrücken läßt, die Windwirkung also dem Quadrat der mittleren Windgeschwindigkeit proportional ist. Die Ausgleichung ergab den Ausdruck:

$$\Delta h = v^2 [c_1 - A \sin(w - k_0 - \Delta k)]$$

k_0 bedeutet einen für alle v konstanten Wert von 10°; c_1, A und Δk haben die folgenden Werte

Es ergab sich

für $v = 2$ m/sec:

$$\frac{\Delta h}{4} = -1{,}177 + 3{,}411 \cos(15°t - 76°) + 0{,}050 \cos(30°t - 108°12')$$

für $v = 7$ m/sec:

$$\frac{\Delta h}{49} = -0{,}112 + 0{,}759 \cos(15°t - 287°35') + 0{,}073 \cos(30°t - 68°28')$$

für $v = 13$ m/sec:

$$\frac{\Delta h}{170} = -0{,}0318 + 0{,}493 \cos(15°t - 312°) + 0{,}058 \cos(30°t - 129°)$$

Die Größe der Fehler beim Rechnen mit obigen Formeln ist gering, so daß die Ausdrücke die Abhängigkeit zwischen Wind und Wasserstand gut darstellen.

Bei den genannten Darstellungen ist der Einfluß des Windes allein auf die *Hochwasserhöhen* betrachtet, während Luftdruck und Wind aber doch die *gesamte Gezeitenwelle* beeinflussen. Diesen Umstand sucht der

Verfasser in einigen ausgewählten Beispielen zu berücksichtigen, indem er nach einer von *Hessen* ausgearbeiteten Methode die Wirkung des Windes auf den mittleren Wasserstand der einzelnen Tidetage untersucht. Es wird zunächst der mittlere Wasserstand für jede Halbtide, also von NW bis HW und umgekehrt ermittelt, das Mittel aus vier aufeinander folgenden Halbtiden ist frei von der täglichen Ungleichheit und stellt fast völlig unbeeinflußt von kosmischen Einflüssen den mittleren Wasserstand eines Tidetages (24 h 50 m) dar. Dieser wurde verglichen mit dem mittleren während des gleichen Zeitraumes in Borkum herrschenden Wind. Es wurden hierbei alle Winde von SW bis N und dann die von NNO bis SSW zusammengefaßt und die ersteren, weil erhöhend wirkend, mit positivem Vorzeichen versehen, die letzteren, die das Meeresniveau erniedrigen, mit negativem Vorzeichen. Die Übereinstimmung im Gang des Mittelwassers und der Geschwindigkeiten der beiden Windgruppen ist ausgezeichnet. Einer Verstärkung der Winde folgt die Wasserstandserhöhung bzw. Erniedrigung regelmäßig. Die Verspätung, das ist die Phasendifferenz beider Kurven, kann bis zu 24 Stunden betragen.

Die gefundenen Abhängigkeiten ermöglichen eine Voraussage der Wasserstände unter Berücksichtigung des Windeinflusses. Dieser Vorhersage hängt allerdings eine doppelte Unsicherheit an, da sowohl bei Benutzung obiger Formeln wie evtl. festgestellter Beziehungen zwischen Mittelwasserstand und Wind zunächst eine Windprognose erforderlich ist, auf welche gestützt dann die Vorhersage des Wasserstandes auszuführen ist. — Der Wasserstand in Wilhelmshaven hängt nicht nur vom lokalen Winde ab, sondern auch von den Witterungsverhältnissen über der gesamten Nordsee. Den engen Zusammenhang weist *Leverkinck* auf mehrere Weisen, am klarsten für jene Tage, an denen die Isobaren über der Nordsee annähernd parallel und wenig gekrümmt verlaufen, nach, indem er die in die Richtung der Längsachse der Nordsee (NNW—SSO) fallende Komponente (k) der Luftdruckgradienten Aberdeen—Skudernaes zu den B—R in Wilhelmshaven in Beziehung setzt. Beide Werte zeigen ausgezeichnete Übereinstimmung im Gange (s. Fig. 3).

In den ersten Tagen herrschten den Wasserstand erniedrigende östliche Winde (k negativ). Bei allmählicher Beruhigung der zunächst starken Luftbewegung nähern sich beide Kurven der Nullinie. Am 25. früh traten infolge eines in Nordskandinavien liegenden Tiefs von 740 mm auffrischende südwestliche Winde ein. Parallel mit der Änderung der Luftdruckgradienten ändert sich der Wasserstand. Ruhige Wetterlage in den nächsten Tagen mit Verkleinerung des Gradienten nähert den Wasserstand der Nullinie, bis gegen Ende des Monats auffrischende südwestliche rechtsdrehende Winde eine Vergrößerung der in Richtung der Nordseelängsachse liegenden Komponente des Luftdruckgradienten und damit Erhöhung des Wasserspiegels bringen.

Um die Windstauprognose nicht nur für einen Hafen, sondern für ein größeres Gebiet nutzbar zu machen, schlägt *Leverkinck* für die deutsche Nordseeküste vor, die Vorhersage für eine Hauptstelle, nämlich Wilhelmshaven, aufzustellen und die übrigen Häfen zwischen Emden und Cuxhaven als Nebenstellen anzuschließen, ein Verfahren, das dem in den Gezeitentafeln

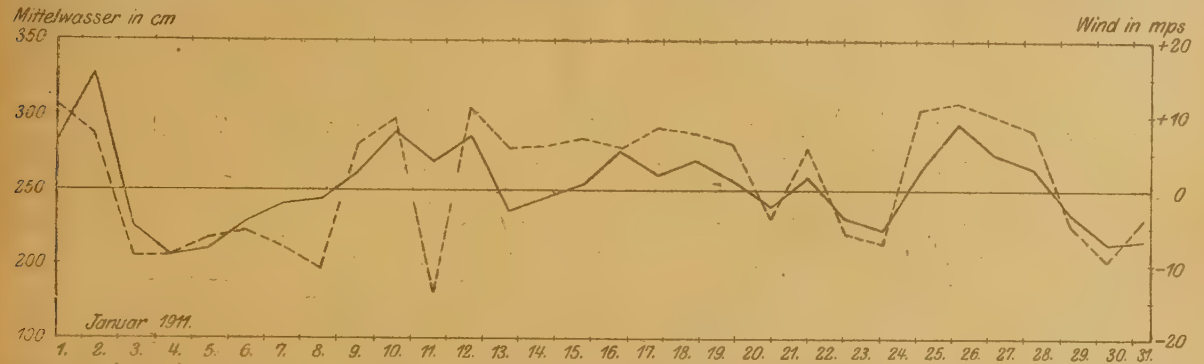


Fig. 2. ——— Mittelwasser zu Wilhelmshaven aus je 2 Tiden. – – – – Wind zu Borkum für die gleiche Zeit gemittelt. Januar 1911.

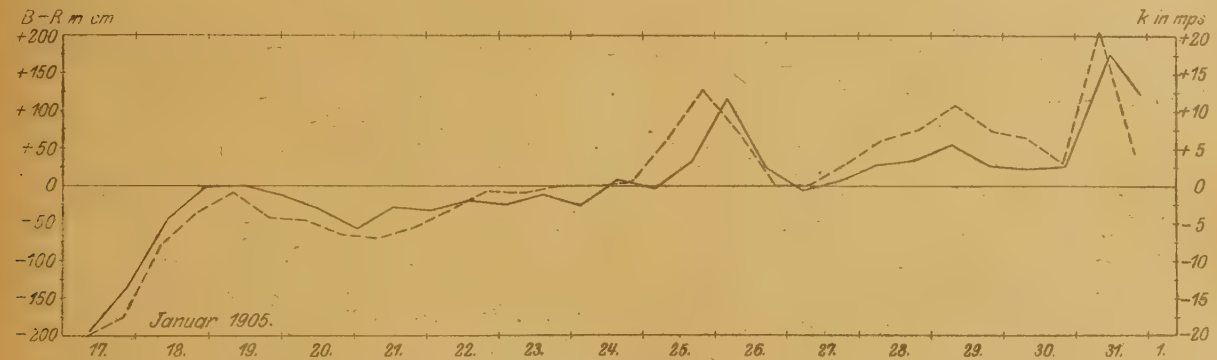


Fig. 3. B—R der Wasserstände zu Wilhelmshaven ——— und die Komponente k – – – – 17.—31. Januar 1905.

angewandten ähnelt, wo Zeit und Höhe der H. W. bzw. N. W. nur für einige Basisstationen berechnet sind und für die meisten anderen Orte die Abweichungen von diesen Stationen in Mittelwerten gegeben sind.

Bruno Schulz, Hamburg.

Über **die Ergebnisse der totalen Sonnenfinsternis vom 29. Mai und die Relativitätstheorie** verhandelten der *Nature* vom 13. November zufolge in einer gemeinsamen Sitzung vom 6. November die Royal Society und die Royal Astronomical Society. Die Beobachtungsstationen waren Sobral in Nordbrasilien und die Insel do Principe an der Westküste von Mittelafrika. In Sobral wurden zwei photographische Kammern angewendet, das 13-zöllige Objektiv des astrographischen Äquatorials in Greenwich und eine 4-zöllige Linse von 19 Fuß Brennweite, die die irländische Akademie gleichzeitig mit einem Heliostaten von 8 Zoll geliehen hatte. Bevor die Expedition aufbrach, war man sich klar darüber, daß der Heliostat für Beobachtungen von so ungeheurer Genauigkeit kaum geeignet sei; der Krieg hatte es jedoch unmöglich gemacht, eine geeignete Äquatorialmontierung zu bauen.

Die Ergebnisse haben diese Befürchtungen bis zu einem gewissen Grade, aber glücklicherweise nicht ganz, gerechtfertigt. Die mit der 13-zölligen Linse (abgeblendet bis auf 8 Zoll) aufgenommenen Finsternisplatten waren nicht fokussiert. Da der Fokus auf Photographien, die bei Nacht wenige Stunden vorher aufgenommen waren, gut war und ebenso auf den im Juli vor Sonnenaufgang aufgenommenen Vergleichsplatten, so scheint die Erklärung in einer Formänderung des Heliostatenspiegels infolge der Sonnenwärme zu liegen. Diese Platten wurden mit den Kontrollplatten aus dem Juli mikrometrisch verglichen. Sie zeigen eine unzweifelhafte Gravitationsverschiebung, und zwar am Sonnenrande um 0,93″ oder um 0,99″ je nach einer von zwei verschiedenen Prüfungsmethoden. Der wahrscheinliche Fehler, nach den individuellen Abweichungen abgeschätzt, ist etwa 0,3″, aber der sehr verschiedene Charakter der Sternbilder auf den Finsternisplatten und den Kontrollplatten läßt einen systematischen Fehler vermuten. Die Aufnahmen dieses Instrumentes sprechen gemäß der Newtonschen Emanationstheorie für eine Verschiebung, deren Betrag am Sonnenrande 0,87″ beträgt. Es gibt eine Prüfungsmethode, durch die das Ergebnis in besserer Übereinstimmung mit denen der anderen Instrumente herauskommt. Macht man die Annahme, daß der schlechte Fokus den Maßstab nicht verändert, und leitet man diesen aus den Juliplatten ab, so wird der Wert der Verschiebung 1,52″.

Die Ergebnisse mit der 4-zölligen Linse sind viel befriedigender. Die Sternbilder sind gut definiert und ihr Charakter ist auf den Finsternisplatten und auf den Vergleichsplatten derselbe. Da das Mikrometer zu diesen Platten nicht paßte, so wurde im Juli eine Hauptkontrollplatte aufgenommen, deren Schicht von der Linse abgewandt war, so daß das Licht zunächst die Glasplatte durchsetzen mußte, und alle Platten wurden nacheinander mit dieser Platte zur Deckung gebracht und mit ihr verglichen. Die herauskommende Verschiebung am Sonnenrande ist 1,98″ mit einem wahrscheinlichen Fehler von 0,12″. Die von den einzelnen Sternen herrührenden Werte sind in guter Übereinstimmung und sprechen dafür, daß die Verschiebung sich umgekehrt mit dem Abstande vom Sonnenmittelpunkt ändert; sie sind daher der Erklärung, sie könnte von Brechung herrühren, wie *Newall* bei der Sitzung andeutete, ungünstig. Außerdem wies *Lindemann* darauf hin, daß die Kometen von 1880 und 1882 dieses Gebiet passiert hatten, ohne den geringsten Beweis dafür zu liefern, einem Widerstande begegnet zu sein; da ihre Geschwindigkeit ungefähr 300 Meilen pro Sekunde betrug, so bekommt man eine lebhafte Vorstellung von der ungeheuren Dünne irgend eines Mediums, dem sie begegnet sein könnten.

Die Principe-Expedition war vom Wetter weniger begünstigt, aber einige Platten zeigten 5 Sterne. Da dort keine Kontrollplatten des Finsternisfeldes aufgenommen werden konnten, wurde ein anderes Feld in der Nähe des Arkturus photographiert, und sowohl dieses wie auch die Finsternisplatten wurden mit Platten von denselben Feldern verglichen, die in Oxford mit demselben Objektiv aufgenommen worden waren. Man mußte obendrein die Annahme machen, daß der Maßstab der Finsternisplatten derselbe war wie der der Kontrollplatten. Dies ist gerechtfertigt, weil die tägliche Variation der Temperatur in Principe nur etwa 4° F. beträgt und vor der Totalität auf dem Spiegel kein heller Sonnenschein gelegen hatte. Die Messungen deuten eine Verschiebung am Sonnenrande von 1,60″ an mit einem wahrscheinlichen Fehler von 0,3″.

Das Mittel aus diesem Resultat und dem mit dem 4-Zöller in Sobral stimmt sehr nahe mit *Einsteins* vorausgesagtem Wert 1,75″ überein. Es wurde bei der Sitzung allgemein anerkannt, daß diese Übereinstimmung zusammen mit der Erklärung der Perihelbewegung des Merkur weitgehend diese Theorie zu einer objektiven Wirklichkeit mache (went far to establish his theory as an objective reality). Sir *J. J. Thomson*, der den Vorsitz führte, sprach von der Bestätigung als epochemachend. Aber er bedauerte, die sehr verwickelte Form, in der *Einstein* seine Theorie ausdrückte, und hoffte, daß es möglich sein würde, sie in eine Form zu bringen, in der sie allgemeiner verständlich und anwendbar sein würde.

Silberstein legte großen Nachdruck auf den Mißerfolg des Versuches, *Einsteins* dritte Voraussage zu bestätigen, die Rotverschiebung der Linien im Sonnenspektrum im Betrage von $^1/_{20}$ Angström; diese wäre nicht bestätigt worden trotz der sorgfältigen von *St. John* und *Evershed* darnach angestellten Versuche. Da der wahrscheinliche Fehler ihrer Messungen viel kleiner war als die vorausgesagte Größe, sah er dieses Ergebnis als endgültig an (he looked on this result as final). Man habe die Vermutung ausgesprochen, daß die Verschiebung durch eine systematische nach außen gerichtete Bewegung der Photosphäre verschleiert sein könnte, aber da *John* sowohl im Mittelpunkt der Sonne wie auch am Sonnenrande Messungen machte, sei diese Vermutung nicht haltbar. *Eddington* gab zu, daß der Mißerfolg die Berechtigung einiger der Schritte in Zweifel zöge (threw doubt on the validity of some of the steps), die *Einstein* zu seinem Gravitationsresultat führten. Aber er behauptete, daß die beiden andern Erfolge das Resultat als richtig anzeigten, selbst wenn es mit einer falschen Methode erreicht wäre.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 2. (Seite 21—40) **9. Januar 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Über die Farben der Mineralien. Von *C. Doelter, Wien.* S. 21.

Dunkeltiere im Licht und Lichttiere im Dunkel. Von *Paul Kammerer, Wien.* (Mit 5 Abbildungen.) S. 28.

Deutsche Ornithologische Gesellschaft:
Die Vogelwelt in Hiddensee. Vogelwarte Rossitten. Die Gewohnheit des Wanderfalken, im Fluge zu jagen. Beobachtungen an Nest und Ei. Wetterdienststellen für Beobachtungen des Vogelzuges. S. 35.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:
Beobachtungen in Südwest-Angola und im Ambolande. S. 37.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:
Die wahre Neigung von Flugzeugen. Das Kryptophon, ein Mittel zur Geheimhaltung von Telephongesprächen. Die Eisenerze Spitzbergens. Die Vulkan-Katastrophe des Kloet auf Java. Schneegrenzen und Vergletscherungsgrenze. S. 38—40.

Astronomische Mitteilungen:
Die Sterne vom Typus R Coronae borealis. Farbenempfindlichkeit lichtelektrischer Zellen. Ergebnis lichtelektrischer Messungen an der Nova Aquilae Nr. 3. S. 40.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Raum und Zeit
in der gegenwärtigen Physik
Eine Einführung in das Verhältnis der Relativitäts- und Gravitationstheorie
Von Prof. Dr. **Moritz Schlick**
Zweite, stark vermehrte Auflage
1919. Preis M. 5.20 (+ Teuerungszuschlag)

B. Riemann
Über die Hypothesen,
welche der Geometrie zu Grunde liegen
Neu herausgegeben und erläutert
von Prof. Dr. **H. Weyl**
1919. Preis M. 5.60 (+ Teuerungszuschlag)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 12.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.20.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztewelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.
Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a. Rh.

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang Berlin
Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche
Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

Gross-Schmetterlinge der Erde
von Prof. Dr. Ad. Seitz.
Die Palaearkten sind vollständig.

Bd. I Tagfalter kostet gebunden 70 M.
„ II Spinner u. Schwärm. „ 55 „
„ III Eulen „ 65 „
„ IV Spanner „ 50 „

Zur **Erleichterung der Anschaffung** liefere ich jeden einzelnen Band oder mehrere oder alle Bände gegen 10% ige Monatsraten. Anfragen erbeten an

HERMANN MEUSSER, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75.

Die Naturwissenschaften
Jahrgang 1915, 1916 und 1918
zu kaufen gesucht.
Angebote mit Preisangabe erbittet
Dr. Werner Klinkhardt,
Leipzig, Liebigstrasse 2. (178

Wertvolle Bücher usw. kaufe stets!
Gefl. Angebote mit Forderung an (177
Buchhändler Friedrich in Radegast (Anhalt).

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Psychologie der Weltanschauungen

Von

Karl Jaspers

a. o. Professor an der Universität Heidelberg

Preis M. 22.—; gebunden M. 25.60

(+ Teuerungszuschlag)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 9. Januar 1920. Heft 2.

Über die Farben der Mineralien.

Von C. Doelter, Wien.

Die Stabilität der Farbigkeit.

Die Untersuchungen über die Farben der Mineralien haben in den letzten Jahren größeres Interesse gewonnen, besonders da es sich ergab, daß viele Mineralfarben durch Strahlungen hervorgebracht sind. Es handelt sich hier um Färbungen, welche dem chemischen Stoff fremd sind, also um Färbungen an und für sich farbloser Stoffe.

Schon längst unterschied man jene Mineralfarben, welche dem Stoff anhaften. Solche Mineralien werden als *eigen*farbige oder idiochromatische bezeichnet, während die *gefärbten* Mineralien als allochromatische bezeichnet werden. *Wir wollen uns mit diesen letzteren beschäftigen.* Man gelangt heute zu einer Einteilung dieser Mineralien in jene, welche bei ihrer Entstehung ihre Färbung angenommen haben, und in solche, welche erst nach ihrer Festwerdung eine Farbe erhalten haben; zu letzteren gehören die durch Strahlungen gefärbten. Beide Arten unterscheiden sich durch die Stabilität ihrer Farbe. Die ersteren, welche man als primär gefärbte bezeichnen kann, zeigen eine große Stabilität ihrer Farbe. Sie werden durch Temperaturerhöhung höchstens vorübergehend geändert, erhalten aber bei der Wiederkehr der gewöhnlichen Temperatur ihre ursprüngliche Farbe wieder. Durch Strahlungen werden sie nicht oder nur ganz wenig beeinflußt. Ganz anders verhalten sich die sekundär gefärbten, welche ihre Färbung erst nach ihrer Entstehung erhalten haben. Diese ändern ihre Farbe mit der Temperatur und werden dann meistens farblos. Ferner nehmen sie unter dem Einflusse von Radium-, Kathoden-, Röntgen- oder ultravioletten Strahlen eine andere Färbung an, und man kann unter Anwendung solcher Einflüsse ihre Farbe fortwährend reversibel ändern. Sie zeigen also eine *labile Färbung.* Zu den erstgenannten gehören beispielsweise Rubin, Smaragd, gelber und brauner Diamant, Spinell, Augit, Hornblende.

Man kann farblose Mineralien durch Zusatz von solchen Färbemitteln in ihrer Lösung färben, z. B. Kalialaun durch Zusatz von Chromalaun. Das Färbemittel kann auch durch Zusatz von organischer Substanz erzeugt werden, und es bedarf zu diesem Zwecke ganz kleiner Mengen; so konnte *P. Gaubert* 1 g Bleinitrat durch Zusatz von $^1/_{7500}$ g Methylenblau blau färben. Auch im Schmelzflusse kann man manchen Mineralien durch Zusatzfarben (wie dies bei künstlichem Rubin geschieht, welchem man 2,5 % Kaliumchromat zusetzt) eine bestimmte Färbung erteilen.

Bei allen diesen primär gefärbten Mineralien kann man annehmen, daß sie häufig durch isomorph gefärbte Körper gefärbt sind, z. B. Tonerde durch isomorphes Chromoxyd, Magnesiasilikate durch Eisenoxydul. Es braucht aber kein isomorpher Körper zu sein, man wird auch, wie in dem Falle des Methylenblaus, allgemein feste Lösungen oder auch Adsorptionen annehmen können. Derartige primär gefärbte Stoffe verändern bei Temperaturerhöhung, wie Rubin, welcher grün wird, ihre Farbe nur während der Erhitzung, nehmen aber bei Erkaltung wieder ihre ursprüngliche Farbe an. Allerdings lassen sich auch in manchen Fällen bei dieser Art von gefärbten Mineralien Veränderungen durch Temperaturerhöhung hervorbringen, nämlich wenn man die betreffenden Mineralien in verschiedenen Gasen erhitzt, wodurch Oxydationen oder Reduktionen der farbigen Bestandteile hervorgerufen werden, namentlich bei solchen, welche durch Manganoxyde, Eisenoxyde, welche in der Natur häufig als Färbemittel derartiger Mineralien auftreten, gefärbt sind.

Natürlich werden Mineralien, welche organische Färbemittel enthalten, bei der Erhitzung farblos werden; solche organischen Färbemittel können aber heute nur mehr bei wenigen Mineralien angenommen werden, im Gegensatze zu Meinungen, welche früher geäußert worden sind und nach welchen organische Färbemittel bei sehr vielen Mineralien angenommen worden waren. Dies war aber, wie wir gleich sehen werden, ein Irrtum.

Gegenüber den durch feste Lösung hervorgebrachten Färbungen, welche ja nicht selten sind, bei welchen allerdings oft das Färbemittel in so geringen Mengen enthalten ist, daß es analytisch schwer nachweisbar ist, sich jedoch z. B. durch genaue spektralanalytische Untersuchungen in vielen Fällen nachweisen läßt, ist *die Untersuchung der sekundär gefärbten Mineralien* eine weit schwierigere.

Diese Mineralien bezeichnet man als durch ein *dilutes Pigment* gefärbte, wobei man annahm, daß dasselbe Pigment intermolekular vorhanden sei, während man bei festen Lösungen annimmt, daß die Beimengung bereits im Kristallmolekül vorhanden sei. Ob dies zutreffend ist, kann nicht sicher behauptet werden, wenn man nach den neuesten Vorstellungen nicht mehr Kristallmole-

küle annimmt, sondern daß, wie die Arbeiten von *Laue, Bragg, Rinne* u. a. dartun, im Kristall die Atomegruppierung die Kristallisation hervorbringt. Doch ist diese Frage für das Problem nach der Natur der Mineralpigmente, welches uns hier beschäftigt, nicht maßgebend.

Auch bei den durch dilute Färbemittel gefärbten Mineralien hat man früher *organische* Färbemittel, wenigstens in vielen Fällen, angenommen. Es fand dies scheinbar dadurch Begründung, daß die Farben bei Temperaturerhöhung sich verlieren und auch bei der Abkühlung nicht wiederkehren. Erst durch die Untersuchungen mit Strahlungen konnte diese Frage entschieden werden. Daß keine organische Substanz das Pigment sei, wurde dadurch erwiesen, daß noch so hoch erhitzte Mineralien dieser Art durch Strahlungen ihre ursprüngliche Farbe wieder gewinnen, und daß man sie abwechselnd entfärben und wieder färben kann. Es kommt bei einigen Mineralien auch der Fall vor, daß sich in ihnen organische Substanz zwar analytisch nachweisen ließ, wie dies bei Rauchquarz der Fall war, daß aber trotzdem das Färbemittel nicht dieser Beimengung zuzuschreiben ist, da man dem entfärbten Mineral durch Strahlung wieder die ursprüngliche Farbe verleihen kann.

Über die interessanten Farbenveränderungen durch ultraviolette, durch Radium-, Kathoden- und Röntgenstrahlen will ich mich hier nicht ausführlicher äußern, da ja diese Verfärbungen schon oft behandelt worden sind. Wichtig ist für uns nur die *Vergleichung der Wirkungen verschiedener Strahlen* und *auch die mit der Einwirkung der Wärme*. Es zeigt sich, daß die Röntgenstrahlen meistens qualitativ gleiche Effekte hervorbringen, wie die Radiumstrahlen, nur quantitativ verschieden, indem erstere schwächer färben. Man hat daher auch angenommen, daß die Einwirkung der Radiumstrahlung besonders den weit reichenden γ-Strahlen zuzuschreiben ist. Doch ist dies nicht allgemein der Fall, denn wir können auch durch die β-Strahlen Färbungen erhalten, ebenso wie durch die α-Strahlen[1]).

Ich habe seinerzeit bei einem großen geschliffenen Bergkristall deutlich die Einwirkung der beiden ersteren Strahlen unterscheiden können. Da bekanntlich die α-Strahlen eine sehr geringe Reichweite haben, so können sie nur dann färben, wenn in dem Mineral fein verteilte radioaktive Substanz überall vorhanden ist. Dies hat *R. Strutt* bei Hyazinth angenommen. Darauf wird noch zurückzukommen sein.

Wärme wirkt der Radiumstrahlung entgegengesetzt, so daß bei Temperaturerhöhung deren Wirkung annulliert wird. Dabei machte man die Beobachtung, daß die Temperatur, welche notwendig ist, um ein durch Radiumstrahlung künstlich gefärbtes Mineral wieder zu entfärben, viel geringer ist als jene, welche notwendig ist, um ein natürlich gefärbtes gleiches Mineral zu entfärben. So kann man gefärbte Quarze meistens erst bei Temperaturen über 500 °, Flußspat bei 2—400 ° entfärben, während, wenn man das entfärbte Mineral wieder durch Strahlung färbt, die Entfärbungstemperatur weit geringer ist. Der offenbar in der Natur langsam gefärbte Quarz oder Flußspat entfärbt sich auch langsamer als der künstlich rasch gefärbte.

Ich habe ferner bei einer Anzahl von Mineralien gefunden, daß auch ultraviolette Strahlen die durch Temperaturerhöhung zerstörte Farbe wieder herstellen können. Als Beispiele erwähne ich Chrysoberyll ($BeAl_2O_4$) sowie gelben Saphir.

Von Belang ist es auch, daß die Wirkung von ultravioletten Strahlen bei manchen Mineralien geradezu entgegengesetzt jener der Radiumstrahlen ist. Beispiele sind namentlich Saphir und Kunzit. Ferner ist es auch nicht unwichtig, zu bemerken, daß ultraviolettes Licht verschiedener Lichtquellen auf ein und dasselbe Mineral verschiedene Wirkung in der Farbe hervorbringen kann, z. B. bei Anwendung von Bogenlicht mit Kohlenelektroden der Firma Reiniger, Gäbert & Schall einerseits, mit der Heräusschen Quecksilberlampe andererseits. Doch sind die Unterschiede nicht sehr bedeutende.

Es liegen auch viele Versuche vor über Veränderungen sowohl bei Temperaturerhöhung als auch durch Radiumstrahlen der in verschiedenen Gasen eingeschlossenen Mineralien. Bei isomorph beigemengten, oder allgemein gesagt, in fester Lösung sich befindenden Beimengungen treten merkliche Unterschiede auf, da es sich hier meistens um verschiedene chemische Wirkung handelt, um Oxydationen oder Reduktionen. Bei diluten Pigmenten treten entweder keine oder nur unbedeutende Unterschiede auf. Das ist von Wichtigkeit: es zeigt sich, daß die frühere Annahme, es handle sich bei der Wirkung der Strahlen um chemische Veränderung, nicht mehr aufrechterhalten werden kann.

Nach ihrem Verhalten gegenüber Strahlungen und Temperaturerhöhung habe ich bereits früher[1]) sechs verschiedene Arten von Mineralien unterschieden, und zwar:

1. durch Erhitzung entfärbte Mineralien, die nur durch Radiumstrahlung wieder ihre frühere Farbe annehmen;
2. solche, welche nach der Erhitzung eine andere Färbung annehmen;
3. durch Erhitzen entfärbte Mineralien, welche mit ultravioletten Strahlen ihre ursprüngliche Farbe erhalten;
4. Mineralien, welche nach Entfärbung durch Erhitzen eine andere Farbe durch ultraviolette Strahlen erhalten;

[1]) *C. Doelter* und *A. Sirk*, Sitz.-Ber. Wiener Akad. 116 (1912).

[1]) Sammlung Vieweg, Heft 27 (1915).

5. durch Radiumstrahlen verfärbte Mineralien, welche wieder ihre frühere Färbung durch ultraviolette Strahlen annehmen;
6. Mineralien, welche durch keine Art von Strahlung noch durch Temperaturerhöhung sich in der Farbe ändern. Dies sind aber keine durch dilute Pigmente gefärbten, sondern sie gehören zu den durch in fester Lösung befindliche Färbemittel.

Bisher wurde nicht darauf geachtet, *in welchem Sinne des Spektrums* die Farbenveränderung vor sich geht. Ich stelle hier die vorhandenen Beobachtungen der Bestrahlungsversuche zusammen.

Die meisten Veränderungen durch Radiumstrahlen (bzw. durch Röntgen- und Kathodenstrahlen) bewegen sich im Sinne Violett Rot. Dabei muß aber bemerkt werden, daß die oberflächliche Färbung durch Kathodenstrahlen in einigen Fällen etwas abweicht.

Blaue Stoffe werden gelb gefärbt (wobei auch die Entfärbung durch Erwärmung bei darauffolgender Bestrahlung wieder dieselbe Farbenveränderung im selben Sinne ergibt). Ich nenne hier:

Steinsalz, Topas, Saphir, Anhydrit, Phenakit, Titanit, Boracit, Zinkblende (hellgelb → orange, ebenso weiß → gelb), Kieselzink, Spateisen, Ilsemanit ($MoO_3 . nH_2O$). Ferner gehören hierher amorphes Schwefelzink, Kalomel, Arsensesquisulfid, Bromkalium.

Im selben Sinne verlaufen die Verfärbungen bei folgenden Körpern, nur, daß hier die Umwandlung weiß—gelb bis braun zu beobachten ist: Diamant (nicht in allen Fällen), Quarzvarietäten (mit Ausnahme von Amethyst, welcher aber auch braun wird), Hyazinth (Zirkon) nach Entfärbung, Rosenquarz färbt sich ebenfalls braun. Chlornatriumgel färbt sich gelb.

Besondere Fälle sind folgende: weiß → grün Smithsonit, dieser gehört aber doch zu der ersten Reihe weiß → gelb.

Hierher gehört wohl auch der Kunzit, welcher bei der Entfärbung durch Erhitzung seine Lilafarbe verliert, weiß wird und durch Radiumstrahlen grün. Ähnlich verhalten sich mit Kathodenstrahlen Rubidiumchlorid und Cäsiumchlorid (nach *A. Goldstein*)[1], dann Sol und Gel des Tonerdehydrates. Die derartig sich verfärbenden Mineralien und chemischen Stoffe gehören also dem Sinne der Verfärbung nach zu den Stoffen der ersten Reihe.

Aber auch der umgekehrte Gang kommt, wenn auch seltener, vor, und zwar bei folgenden Mineralien:

Im Sinne gelb → blau ändern sich: Anglesit, Cölestin, Baryt, amorphes Strontiumsulfat; dann im Sinne weiß—blau bis violett: Aquamarin, Hauyn, Apatit, mancher Calcit.

Bei Flußspat haben wir die Reihenfolge weiß, gelb, blau und schließlich violett.

[1]) *A. Goldstein*, Mon.-Ber. Berliner Ak. 1901, 225.

Methoden zur Untersuchung der Natur der Pigmente.

Es wurde bereits früher (S. 21) bemerkt, daß die chemische Untersuchung nicht zum Ziele führt und selbst die spektralanalytische Methode nur ausnahmsweise zu einem Resultat führen kann, letztere besonders bei nicht diluten Pigmenten.

Es sind also indirekte Methoden, welche anzuwenden sind. Früher glaubte man durch Herstellung einer gleichen Färbung einen Rückschluß auf das in den Naturprodukten vorliegende Pigment machen zu können. Aber dies ist oft trügerisch, wie es sich bei dem durch Natrium künstlich gefärbten Steinsalz gezeigt hat, da, wie ich seinerzeit ausgeführt habe, vieles gegen ein solches Färbemittel spricht[1]).

Im allgemeinen lassen nur die Vergleiche der durch die eben geschilderten Einflüsse, wie Temperaturerhöhung, Einwirkung verschiedener Strahlen hervorgebrachten Veränderungen, einen Schluß zu. Ferner sind auch wichtig die Luminiszenzwirkungen der Mineralien.

Eine große Anzahl von Mineralien zeigt sowohl mit ultravioletten Strahlen als auch mit Radium-, Röntgen- und Kathodenstrahlen Luminiszenzerscheinungen. Nun wissen wir besonders durch die schönen Arbeiten von *Ph. Lenard*, daß reine Stoffe keine Luminiszenzerscheinungen zeigen, sondern nur solche, welchen gewisse Beimengungen zugegeben wurden. Man muß auch bei Mineralien annehmen, daß es Beimengungen sind, welche die Luminiszenz erzeugen. Mineralien von verschiedenen Fundorten zeigen verschiedene Luminiszenz. Manche zeigen im allgemeinen keine derartige Erscheinung, und nur bei Exemplaren von einem bestimmten Fundort tritt sie auf.

Ähnliches zeigt sich aber in manchen Fällen auch bei der Verfärbung, welche nur bei gewissen Varietäten und Exemplaren eines bestimmten Fundortes auftritt. Versuche, um durch Beimengung reiner Stoffe Luminiszenz und Verfärbung zu bekommen, fehlen noch. Sie könnten mancherlei Aufschlüsse bringen. Jedenfalls ziehen wir aus dem Vergleich den Schluß, daß es auch bei den Verfärbungen gewisse in minimalen Mengen vorkommende Beimengungen sind, welche diese sowie auch die Luminiszenz hervorbringen.

Natur der färbenden Beimengungen.

Man könnte die Ansicht aussprechen, daß auch reine Mineralien Verfärbungen zeigen, aber die Versuche, welche mit möglichst reinen künstlich erhaltenen Stoffen von derselben Zusammensetzung wie die des zu untersuchenden Minerals ausgeführt wurden, zeigten in den meisten Fällen, daß durch Strahlungen keine Veränderung auftrat. Wo dies ausnahmsweise doch der Fall war, wie bei Tonerde, Chlornatrium, muß man annehmen, daß die Reindarstellung nicht vollkommen gelang.

[1]) Das Radium und die Farben 1910, 53.

Die verschiedenen älteren Ansichten über die Natur der Pigmente übergehe ich. Heute kann man behaupten, daß es keine solchen Stoffe sind, welche dem farbigen Stoff nicht in einer Beziehung nahe stehen, besonders scheint ein chemisch-genetischer Zusammenhang zwischen dem Pigment und dem als Wirt auftretenden Mineral vorhanden zu sein.

Die seinerzeit ziemlich allgemein geteilte Anschauung, daß gewisse Stoffe, wie Mangan, die verschiedensten Mineralien dilut färben, muß aufgegeben werden. Trotzdem sind wir, wenn auch eine Reihe von Hypothesen sich als irrig erwiesen haben, doch weit entfernt davon, über die chemische Natur der Pigmente mit Sicherheit etwas aussagen zu können. Es sind also mehr negative Resultate, die vor uns liegen, welche uns wenigstens erlauben, eine Anzahl von früheren Anschauungen als irrig auszuschließen. Wir sind aber der Wahrheit insofern näher gekommen, als wir die Verfärbungen, welche bereits erörtert wurden, doch wenigstens teilweise erklären können.

Die Fragen, welche also zu lösen sind, waren erstens, wie sind Verfärbungen durch Temperaturänderungen, durch Einfluß von Strahlungen usw. zu erklären, und zweitens, und das wäre wohl die wichtigste Frage, welches sind die Stoffe, welche bei den einzelnen Mineralgattungen so verschiedene Varietäten, die sich durch Farben unterscheiden, wie bei Tonerde, Quarz, Fluorcalcium, Chlornatrium hervorbringen? Die zweite Frage ist natürlich die schwieriger zu lösende.

Gehen wir zuerst auf die erste ein. Wie bereits mitgeteilt, kann man wohl behaupten, daß die ursprüngliche Ansicht, daß Veränderungen, wie sie erwähnt wurden, durch chemische Einwirkung vor sich gehen, heute wenig Wahrscheinlichkeit besitzt. Allerdings ist dies nicht ganz streng zu nehmen, da es sich um chemisch-physikalische Vorgänge handeln kann, wie z. B. Ionisierung der Elektrolyte überhaupt. Auszuschließen ist aber die Erklärung durch Oxydationen und Reduktionsvorgänge und dergleichen.

Vor allem sind wir jetzt schon so weit, daß wir behaupten können, daß die diluten Pigmente *kolloider* Natur sind. Dadurch eröffnen sich uns neue Gesichtspunkte durch den *Vergleich mit kolloiden Lösungen.*

Ich habe bereits in meinem kleinen Werke über das Radium und die Farben[1]) angedeutet, daß wir es bei den diluten Färbemitteln mit kolloiden Pigmenten zu tun haben und diese Anschauung in meiner in der Sammlung Vieweg erschienenen Broschüre weiter entwickelt.

Heute kann ich aber diese Ansicht näher besprechen. Die Anschauungen über die Pigmente der Mineralien müssen hauptsächlich die Teilchengröße der kolloiden Färbemittel berücksichtigen. Wie aus den nachstehenden Ausführungen über die Farbe der kolloiden Lösungen vom Standpunkte des Physikers hervorgeht, ist der Dispersitätsgrad neben der Eigenfarbe des betreffenden Stoffes maßgebend. Da wir nun die Pigmente als kolloide Lösungen betrachten, so können die jetzt folgenden Deduktionen auch auf die Mineralpigmente angewendet werden. Es erscheint dann auf Grund der Theorie ganz verständlich, daß durch ein und dasselbe Färbemittel verschiedene Farben erzielt werden und die Tatsache, daß ein Mineral, wie Korund, Quarz und die übrigen früher erwähnten, ganz verschiedene Farben zeigen kann, trotzdem dasselbe Pigment diese Verschiedenheiten hervorbringt.

Der Effekt der Bestrahlung, Temperaturerhöhung und dergl. wäre also der, eine Änderung der Teilchengröße hervorzubringen.

Arbeiten der Physiker und ihre Anwendung auf die Mineralogie.

Die Farbenerscheinungen des von flüssigen kolloidalen Systemen zerstreuten Lichtes haben schon seit *Faradays*[1]) Zeiten die Aufmerksamkeit der Physiker auf sich gelenkt. In den letzten Jahren haben diese aber auch den Farbenerscheinungen, welche entstehen, wenn in einem Glase oder Quarz usw. mikroskopische und submikroskopische Partikel, insbesondere Metallteilchen suspendiert sind (z. B. Goldrubingläsern), die Aufmerksamkeit zugewandt[2]). Besondere Entwicklung hat das Problem neuerdings genommen, seit *Ehrenhaft* und seine Schüler auch die in Gasen suspendierten einzelnen dielektrischen oder metallischen Teilchen behandelten.

Alle diese optischen Erscheinungen in gasförmigen, flüssigen oder festen kolloidalen Lösungen sind ein Spezialfall der Phänomene in sogenannten trüben Medien, welche stets auftreten, wenn ein Lichtstrahl ein durchsichtiges Medium durcheilt, in dem Partikel von abweichendem Brechungsexponenten eingebettet sind, deren Dimensionen von der Größenordnung der Wellenlänge des Lichtes sind. Man hat sich diesen Vorgang etwa folgendermaßen vorzustellen: Eine Lichtwelle, die das homogene Medium durcheilt, trifft auf ein Hindernis, auf das eingelagerte Partikel. Dieses Partikel bildet ein Störungszentrum, welches das Licht aus seiner ursprünglichen Richtung abbeugt und nach allen Seiten diffus zerstreut. Aufgabe der Theorie ist es nun, aus dem einfallenden Strahle bestimmter vorgegebener Farbe Intensität und Schwingungsrichtung, welche also physikalisch definiert sein müssen, die Intensität des in bestimmte Richtung abgebeugten Strahles zu berechnen.

Eine solche Beugung ist meist selektiv. Es werden nämlich einfallende Lichtstrahlen verschiedener Farbe an einem und demselben Partikel verschieden stark abgebeugt. Fällt z. B. ein Strahl grünen Lichtes bestimmter Intensität auf ein Teilchen bestimmter Größe, so fragt es sich,

[1]) Dresden 1910.

[1]) *M. Faraday*, Phil. Mag. (4), *14*, 1857, p. 401, 512.

[2]) Vgl. *C. Doelter*, Die Farben der Mineralien. Sammlung Vieweg Heft 27, Braunschweig 1915.

welcher Prozentsatz dieser Intensität in jede Richtung seitlich ausgestrahlt wird. Betrachten wir z. B. vorzugsweise jene Richtung, die senkrecht zur Richtung der beleuchtenden Strahlen liegt, welcher Richtung wir deshalb eine Sonderstellung einräumen wollen, weil es in dieser ermöglicht ist, nur das vom Hindernis zerstreute Licht unter Ausschluß jeden direkten Lichtes zu beobachten, so kann man im allgemeinen sagen, daß ein kleines Hindernis alle Wellen, die gegen seine Dimensionen groß sind, ungehindert vorbei lassen wird. Für solche Wellen bildet also das Körperchen kein Hindernis. Wenn die Wellenlänge der beleuchteten Strahlen jedoch von der Größenordnung des zerstreuenden Körperchens ist, dann werden die Strahlen selektiv seitlich zerstreut, und ebenso werden alle Wellen, die kleiner sind wie das Körperchen, Zerstreuung erfahren.

Der erste bemerkenswerte Versuch einer Theorie, die Färbung trüber Medien für den Spezialfall kleiner *dielektrischer* Kügelchen durchzuführen, geht bekanntlich auf Lord *Rayleigh*[1]) zurück. In endgültiger Gestalt sind diese Erörterungen auf den elektromagnetischen Grundgleichungen aufgebaut. Es ergibt sich so das bekannte Resultat, daß die Intensität des von einem solchen Kügelchen senkrecht abgebeugten Lichtes verkehrt proportional der vierten Potenz der Wellenlänge ist. Es wird daher bei kleinen Teilchen die Intensität der kurzwelligen Strahlen im abgebeugten Lichte vorwiegen. Ein trübes Medium wird daher im zerstreuten Lichte blau erscheinen (blaue Farbe des Himmels, bläuliche Farbe dielektrischer Suspensionen und Emulsionen usw.).

Die Farbe kolloidaler Suspensionen, insbesondere solcher, in welchen metallische Teilchen suspendiert sind, ist aber viel komplizierterer Natur. Denn das diffus zerstreute Licht von Goldsuspensionen in Glas oder in Flüssigkeiten ist rubinrot bis violett, von Silber braun bis grünbraun usw. Das Rayleighsche Gesetz versagt also, denn eine Goldsuspension zeigt ein breites Absorptionsband im grünen Teile des Spektrums, des Silbers im violetten Teile usw.[2]).

Diese Erscheinungen gaben Anstoß zu einer Erweiterung der Theorie. Es hatte nämlich *J. J. Thomson*[3]) das Problem der elektromagnetischen Schwingungen einer metallischen Kugel im Grenzfalle der *unendlichen elektrischen Leitfähigkeit* dieser Kugel durchgerechnet. *Ehrenhaft*[4]) betrachtete nun die Metalle in kolloidaler Lösung in erster Näherung als Realisierung des Thomsonschen Grenzfalles vollkommener Leitfähigkeit und erkannte so einen Zusammenhang zwischen der Farbe des seitlich zerstreuten Lichtes und der Größe der Teilchen. Er faßte also das Farbenphänomen als eine Folge einer „optischen Resonanz" auf. Aus den experimentell gemessenen breiten Absorptionsbanden kolloidaler Metalllösungen schloß er auf einen mittleren Radius der Teilchen. Allerdings waren diese Resultate bloß eine erste Näherung, da *F. Pockels*[1]) und *Ehrenhaft* hervorhoben, daß man zur vollständigen Klärung des Problems die optischen Konstanten des Materiales der Kügelchen mit in Rücksicht ziehen muß.

Diese allgemeine Theorie hat *G. Mie*[2]) durchgeführt.

Wir wollen nun dies Problem in einer für das Weitere geeigneten Form besprechen, und zwar sofort eine Überlegung für das *einzelne* Kügelchen einer Suspension im *Gase* anstellen.

Gegeben sei eine kleine Kugel, die sich allein im unendlichen Raume befinde. Auf diese Kugel fällt eine ebene Lichtwelle, die aus dem Unendlichen kommt und ins Unendliche geht. Außerhalb der Kugel gelten die Differentialgleichungen der Lichtbewegung im Vakuum, innerhalb der Kugel die Differentialgleichungen der Lichtbewegung, jedoch modifiziert für das betreffende für die Kugel charakteristische Material, also z. B. beim Metalle charakterisiert durch die bezüglichen komplexen Brechungsindexe als Funktion der Wellenlänge, beim Dielektrikum durch den Brechungsindex allein. Das Wichtige daran ist, daß die optischen Konstanten des Kugelmateriales als Funktion der Wellenlänge am kompakten Materiale gemessen sein müssen. Im Prinzip kommt es darauf an, daß für das gesamte Lichtfeld die Grenzbedingungen und Randwerte richtig erfüllt werden, daß also die aus dem Unendlichen kommende Planwelle eine solche bleibt und daß an der Oberfläche der Kugel die Kontinuitätsbedingungen richtig erfüllt werden. Sodann kann man das in jede Richtung zerstreute Licht berechnen.

Solche Berechnungen für einzelne Gold-, Silber-, Quecksilber- und Schwefelkugeln haben nun *Ehrenhaft* und seine Schüler[3]) ausgeführt und sodann mit der Erfahrung verglichen.

Diese Berechnungen ergeben, daß die Kurve, welche die Intensität des senkrecht abgebeugten Lichtes, bezogen auf die Intensität des einfallenden Lichtes als Einheit, als Funktion des Kugelradius darstellt, ein oder mehrere Maxima aufweist. Fällt also ein Strahl homogenen Lichtes einer bestimmten Farbe auf eine Anzahl Kugeln kontinuierlich verschiedener Größe, so wird bei einer Kugel bestimmter Größe ein maximaler Bruchteil des

[1]) Lord *Rayleigh*, Phil. Mag. (4), *41*, 1871, p. 107, 447; (5), *12*, 1881, p. 81.

[2]) *F. Ehrenhaft*, Ann. d. Phys. (4), *11*, 1903.

[3]) *J. J. Thomson*, Recent researches in Electricity and Magnetism 1893, p. 363, 437.

[4]) *F. Ehrenhaft*, l. c.

[1]) *F. Pockels*, Physik. Ztschr. *5*, 1904, S. 152.

[2]) *G. Mie*, Ann. d. Phys. (4), *25*, 1908, S. 377.

[3]) *F. Ehrenhaft*, Phys. Ztschr. *15*, 1914, S. 952; *16*, 1915, S. 227; *18*, 1917, S. 352; Ann. d. Phys. 1918, *56*, S. 1.

G. Laski, Ann. d. Phys. *53*, Heft 9, 1917; Wiener Ber. *126*, 1917, S. 601.

J. Parankiewicz, Wiener Ber. *127*, 8. Heft, S. 1445, 1918.

einfallenden Lichtes senkrecht abgebeugt. Kleinere und größere Kugeln reflektieren in der gleichen Richtung weniger Licht dieser Farbe. Die Vorstellung, daß diejenige Kugel, deren Eigenton dem Ton der einfallenden Welle am nächsten liegt, auf diese am besten resoniert, trifft also zu, und es war daher berechtigt, das selektive Farbenphänomen „optische Resonanz" zu nennen. So kann man z. B. aus den Kurven optischer Resonanz submikroskopischer Silberkügelchen entnehmen, daß ein Kügelchen vom Radius $4 \cdot 10^{-6}$ durch Licht von der Wellenlänge 400 μμ (blau) mehr als alle anderen zum Mitschwingen angeregt wird, während eine Welle der Wellenlänge 650 μμ (orange) nur mehr einen schwachen Einfluß ausübt. Im allgemeinen zeigen diese Kurven, wie ja die Beobachtung bereits lehrte, daß das Resonanzmaximum der Kügelchen mit zunehmendem Radius zu längeren Wellen fortschreitet. Bei submikroskopischen Schwefelkügelchen und ebenso bei anderen dielektrischen Kügelchen werden diese Kurven besonders interessant, weil aus ihnen folgt, daß mitunter auch *mehrere* verschieden große Kügelchen auf *ein und dieselbe* Welle besonders stark resonierten. Die Resonanzkurven des Schwefels haben *mehrere* Maxima.

Um nunmehr den Aufschluß über die zu erwartende Farbe *eines* submikroskopischen Einzelteilchens zu erhalten, gewinnt man aus einer Schar von Kurven optischer Resonanz für ein bestimmtes Material die Ausstrahlungskurven für jede Teilchengröße. Solche Ausstrahlungskurven ergaben z. B. für den Schwefel[1]) das für die Mineralogie besonders bemerkenswerte Resultat, daß Schwefelkugeln vom Radius 8 bis $9 \cdot 10^{-6}$ cm blauviolettes Licht, vom Radius 9 bis 11 blaues, vom Radius 11 bis 12 grünes, vom Radius 12 bis 13 grüngelbes, vom Radius 13 bis 15 gelbes, vom Radius 15 bis 18 orange Licht zerstreuen, über der Größe $18 \cdot 10^{-6}$ cm Radius erscheint die Eigenfarbe des Schwefels selbst im reflektierten Licht.

Wie bereits ausgeführt, dürften verschiedene Mineralpigmente auf kleine Schwefelteilchen zurückzuführen sein. Da es nun *Ehrenhaft* gelungen ist, aus den beobachteten Farben auf die Größe der beugenden Objekte rückzuschließen, also die Farbbestimmung direkt als Größenbestimmung zu verwenden, diese Größenbestimmung auch durch andere unabhängige Methoden zu erhärten (z. B. durch die Fallgeschwindigkeiten einzelner verschiedenfarbiger Schwefelkügelchen in Gasen), kommt diesen Schlüssen große Sicherheit zu. Es wäre zu erwägen, ob Beimengungen durch andere Elemente, namentlich durch Na, Li, Al usw., nicht auch zu Verfärbungen Anlaß geben können.

Ich wende mich jetzt wieder unseren speziellen Betrachtungen der Pigmente einzelner Mineralien zu.

[1]) Ann. d. Phys. *57*, 453 (1918).

Chemische Natur der Färbemittel bei den wichtigeren Mineralien.

Was nun die vorhin erwähnte zweite Frage anbelangt, die viel schwieriger zu beantworten ist als die erste, so kann sie überhaupt nur bei wenigen Mineralien behandelt werden, nämlich bei jenen, bei welchen Versuche mit Erfolg durchgeführt werden konnten. Zu diesen gehören die Quarzvarietäten, die verschiedenen Korundvarietäten, Steinsalz, Baryt und die damit isomorphen, also ähnlich konstituierten Sulfate, ferner Ultramarin, Zirkon, Flußspat, mancher Diamant, Apatit und einige andere.

Bei den Quarzvarietäten konnten wir feststellen, daß es sich immer um dasselbe Färbemittel handelt; bei Amethyst wäre es allerdings nicht unwahrscheinlich, daß ein zweites Färbungsmittel vorhanden ist. Denn die Möglichkeit, daß bei den Farben zwei Stoffe, welche von Einfluß sind, sich mischen, muß wohl offen gehalten werden. Aber die Frage, welches das Färbemittel der *Quarze* ist, kann nicht sicher beantwortet werden. Es hängt aber wahrscheinlich mit der Quarzsubstanz chemisch zusammen, und man muß vor allem an das durch die Arbeiten von *E. Warburg* und *Tegetmeyer* in dem Quarz nachgewiesene Natriumsilikat denken, oder an ein durch Elektrolyse aus ihm entstandenes Produkt, vielleicht Silicium oder Natrium? Auch Lithium scheint in manchen Quarzen in minimalen Mengen vorhanden zu sein. Bemerkenswert sind die durch Radiumstrahlen bei einem Quarz erzeugten dunklen, der Achse parallelen Streifen, welche für eine Verteilung des Pigments parallel der Achse sprechen[1]).

Bei *Korund* muß der Rubin ausgeschieden werden, welcher durch in fester Lösung vorhandenes Chromoxyd gefärbt ist. Die Saphire (blaue, gelbe, weiße, grüne) sind durch dasselbe Pigment gefärbt. Über seine Natur wissen wir aber so gut wie gar nichts. Es ist gelungen, die blaue Farbe des Saphirs bei künstlichen Mineralien nachzumachen, und zwar durch Beimengung eines Gemenges von Titanoxyd und Eisenoxyd. Ob aber dies das Färbemittel der natürlichen Saphire ist, wissen wir nicht. Allerdings kommt Eisen und Spur von Titan auch im natürlichen Saphir vor, aber nicht in so merklichen Mengen, wie dies bei der Darstellung des künstlichen Saphirs verwendet wird, wo 0.5 % zugegeben werden.

Auch muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß die natürlichen und künstlichen Saphire sich gegen Strahlungen nicht gleich verhalten.

Die Natur des Färbemittels der Saphire ist daher noch nicht aufgeklärt.

Mehr Erfolg haben wir bei *Baryt, Cölestin, Anglesit,* den wasserfreien Sulfaten des Bariums, Strontiums, Bleis. Hier dürfte wohl Schwefel die gelben, weißen und blauen Farben hervorbringen, wobei es sich nur um verschiedene Teilchengrößen

[1]) Siehe die Abbildung in „Radium und die Farben" *5*, 125.

des Pigments handelt. Schwefel scheint überhaupt ein häufiges Färbemittel der Mineralien zu sein. Die verschiedenen Ultramarine, auch das natürliche, dürften durch Schwefel gefärbt sein, ebenso Hauyn und Sodalith, welche blaue, blaugrüne, violette und weiße Farbe zeigen.

Ein ähnliches Verhalten wie Flußspat zeigen manche *Apatite* mit Radiumstrahlen, sie nehmen violette Töne an. Wahrscheinlich ist dasselbe Färbemittel vorhanden wie bei Flußspat.

Starke Veränderungen mit Strahlungen zeigt auch *Topas*. Die Richtung ist von blau nach gelb und orange. Früher vermutete man im Topas organische Pigmente, was aber jetzt hinfällig ist. Es dürfte meiner Ansicht nach wohl dasselbe Pigment, wie bei Korund vorliegen, vielleicht eine Aluminiumverbindung.

Über das Färbemittel des schön rosa bis lila gefärbten *Spodumens*, welche Varietät den Namen *Kunzit* führt, ist nur wenig bekannt. Es ist dieses Mineral vielleicht dasjenige, welches sich unter dem Einfluß von Radiumstrahlen am schönsten und raschesten verfärbt. Es nimmt eine bläulichgrüne Farbe an. Man hat als Pigment eine Manganverbindung angenommen, aber es ist dies auch nur eine Vermutung, ebenso die Annahme von Chrom. Wahrscheinlich handelt es sich hier nicht um eine chemische Wirkung, Oxydation oder Reduktion von Oxyden, sondern einfach um die Veränderung der Teilchengröße. Der gewöhnliche grüne Spodumen verändert sich nicht. Bei dem Berylliumsilikat *Phenakit*, welches in der Natur teils farblos, teils gelblich gefärbt ist, bringt Radiumbestrahlung schöne Orangefarbe hervor, welche durch ultraviolettes Licht wieder schwindet.

Es sollen noch einige Mineralien erwähnt werden, bei welchen sich verschiedene Varietäten bezüglich ihres Pigments ganz verschieden verhalten. Zu diesen gehört *Zirkon*, bei welchem die grünen Varietäten sich ganz von den braunen und roten, welche als Edelsteine *Hyazinthe* heißen, unterscheiden. Die ersteren, welche übrigens merkliche Abweichungen im spezifischen Gewicht zeigen, haben ein in fester Lösung befindliches Färbemittel: sie werden von Strahlungen nicht beeinflußt. Die Hyazinthe entfärben sich bei Temperaturerhöhung und nehmen durch Radiumstrahlung wieder ihre ursprüngliche Farbe an. *R. Strutt* vermutet, daß im Zirkon fein verteilte Einschlüsse radioaktiver Substanz vorhanden sind, welche durch α-Strahlung die Farbe verursachen. Wir können aber hier über die Natur des Pigments nichts aussagen. Hierher gehört auch der *Diamant*, von welchem die meisten Varietäten keine Veränderung durch Radiumstrahlen erleiden und auch nicht durch Temperaturerhöhung. Dies betrifft namentlich die gelben Diamanten, welche ein sehr stabiles Pigment haben. Mancher bräunliche Diamant wird unter dem Einfluß von Radiumstrahlen mehr violett oder orangegrau. Ein farbloser wurde mehr braun. Hier scheint also ein anderes Färbemittel vorzuliegen wie bei gelbem Diamant, wohl ein kolloides. Man hat eine Titanverbindung vermutet. Manche Diamanten zeigen auch Spuren von Titan.

Diese Versuche betrafen Kapdiamanten, dagegen zeigte eine grüner brasilianischer Diamant mit Radiumstrahlung eine mehr bläuliche Verfärbung.

Von *Smaragd* kann man eine Färbung durch feste Lösung behaupten, wohl wie bei den Kunstsmaragden Chromoxyd.

Dagegen zeigen *Aquamarin* und *Goldberyll* gegen Strahlungen ein Verhalten, wie es kolloide Pigmente hervorbringen. Beide werden im Gegensatz zu Smaragd in der Hitze bleibend farblos. Farblose blaugrüne Berylle werden durch Radiumstrahlen mehr blau. Auch hier dürfte die Teilchengröße für die verschiedenen Farben maßgebend sein. Aber um welches Pigment es sich handelt, wissen wir nicht.

Sehr viel wurde über das Färbemittel des blauen *Steinsalzes* geschrieben. *H. Siedentopf* gelang es, farbloses Steinsalz durch Natrium blau zu färben. Aber es sind gewichtige Argumente gegen die Ansicht, daß Natrium das Färbemittel sei, gebracht worden. Die Erhitzungsversuche solchen künstlichen und natürlichen Steinsalzes, welche ich unternahm, lieferten verschiedene Resultate. Das künstlich gefärbte hat ein stabileres Pigment als das natürliche, da seine Entfärbungstemperatur höher liegt. *G. Spezia* fand, daß sowohl farbloses als blaues Steinsalz alkalische Reaktion zeigen. Die beiden Salze, künstlich gefärbtes und natürliches, verhalten sich auch gegen Strahlungen verschieden. Da blauer Schwefel als Färbemittel ja ganz gut denkbar ist und Steinsalz kleine Mengen von Sulfaten enthält, so wäre es immerhin auch denkbar, daß blauer Schwefel im Steinsalz vorhanden sein könne. Es ist allerdings bisher nicht gelungen, diese Ansicht experimentell näher zu prüfen.

Bei *Flußspat* wird man auf Calcium naturgemäß verfallen, es läßt sich aber kein Beweis dafür erbringen. Der am schönsten violett gefärbte Flußspat von Wölsendorf enthält freies Fluor, und man hat auch schon daran gedacht, daß vielleicht dieses die violette Farbe verursachen könnte. Hier sind wir also wieder im Unklaren.

Immerhin sind bedeutende Fortschritte auch bezüglich dieser Frage wenigstens dadurch gemacht worden, daß wir nicht mehr an der betreffenden Mineralsubstanz ganz fremde Körper zu denken haben, sondern daß wir meistens an ein der betreffenden Substanz chemisch verwandtes Färbemittel denken, welche auch im genetischen Zusammenhange mit dem Mineral, welches gefärbt ist, steht. So könnten also diese Fragen mit den genetischen zusammentreffen.

Dunkeltiere im Licht und Lichttiere im Dunkel.

Von Paul Kammerer, Wien.

Eine tiefe Zisterne der Biologischen Versuchsanstalt zu Wien bietet Lebensbedingungen ähnlich denen, die in Karstgrotten herrschen. Auf dem Grunde der sonst leeren Zisterne liegt ein Wasserbecken, worin 1907—1910 23 *Olme* (11 Zwillinge und ein Einzeljunges) geboren wurden[1]), die sich von alten Tieren nur durch geringere Größe und deutliche Augen unterschieden: wie Mohnkörnchen schimmerten die Augen durch die noch dünne Haut, die über sie hinwegzieht.

Ein Versuch, das Stehenbleiben dieser Augen auf der beim Grottenolm (Proteus) üblichen, kümmerlichen Stufe zu hindern, indem man die Jungen dem Tageslicht aussetzte, mißlang fast vollständig, weil die sonst farblose Haut des Höhlenbewohners dort schwarz wird; und da sich die Augen unter der Haut befinden, gelangen sie abermals ins Dunkle, trotzdem und weil das ganze Tier im Lichte lebt. Nur eine Strahlenart, die keinen Farbstoff anhäuft, vermöchte das Auge in Helligkeit zu baden: solche Strahlen spendete *rotes Glühlicht* der Dunkelkammer, das ja bekanntlich auch die photographische Platte nicht schwärzt. Fünf Jahre wirkte dies Licht — auf ein Tier ununterbrochen, auf fünf abwechselnd mit Tageslicht —, in welch letzterem Falle eine gewisse Pigmententwicklung zwar statthat, aber nicht in einem Maße, wodurch das Auge verdeckt wird (Fig. 1).

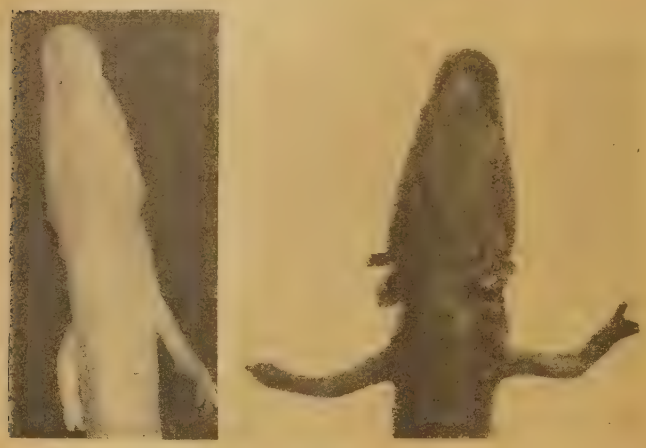


Fig. 1. *Vorderkörper von Grottenolmen* (Proteus anguineus, Laur.): links von einem normal im Finsteren herangewachsenen Exemplar; rechts von einem Exemplar, das 5 Jahre lang im Lichte gelebt hatte, die ersten 18 Monate abwechselnd je 1 Woche bei rotem Glühlicht und 2 Wochen bei Tageslicht. (Nach *Kammerer*, Archiv für Entwicklungsmechanik, *33.* Bd.)

Die normale Entwicklung läßt das Olmauge nicht über die Stufe der *„sekundären Augenblase"* hinauskommen (Fig. 2). Zwar nimmt es um beinahe das Doppelte noch an Größe zu, so daß man es bei erwachsenen Tieren deutlicher sehen müßte als bei kleinen; aber die Verdickung der darüber liegenden Körperhaut, welche Drüsen, Sinnesorgane und Schleimzellen enthält, läßt es mit zunehmendem Alter dem Blick entschwinden. Beim bloßen Stillstand bleibt es nicht: Rückentwicklung tritt hinzu, die sich am auffälligsten im Schwund der zelligen Linse kundgibt, deren Platz eine Netzhautwucherung allmählich ausfüllt.

Demgegenüber ist die Linse im *beleuchteten Olmauge* 18-mal länger, 12½-mal breiter geworden (Fig. 3); die Linsenzellen haben Linsenfasern Raum gegeben, ihre Befestigung am Ziliarkörper ist vollzogen. Die harte Augenhaut hat nach außen eine richtige Hornhaut, die Ader-

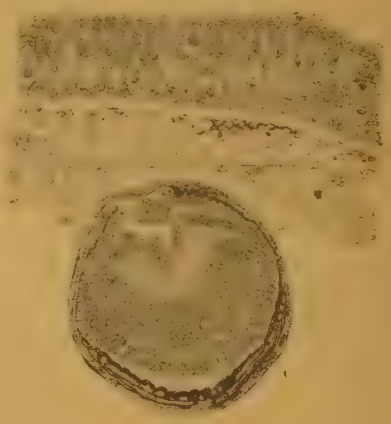


Fig. 2. Längsschnitt durch das Auge eines jungen (fast neugeborenen), *experimentell nicht beeinflußten Olmes*. Gleiche Vergrößerung wie Fig. 3. — Näheres im Text. (Nach einem von Herrn Prof. Dr. *Heinrich Joseph* [Wien] freundlichst zur Verfügung gestellten Präparate.)

eine vollgültige Regenbogenhaut mit Sehloch ausgebildet. Die äußere Kopfhaut streicht noch jetzt über das Auge hin, ist aber ganz flach und durchsichtig geworden: durchsichtig deshalb, weil die Einlagerungen, die sie trübten (Drüsen-, Schleim-, Sinneszellen), daraus verdrängt wurden. Vordere und hintere Augenkammer sowie ein Glaskörper sind entstanden. In der Netzhaut (Fig. 4) hat sich die Pigment- und die Stäbchenzapfen-Schicht ansehnlich verstärkt: letztere hatte im Dunkelauge nur kümmerliche Innenglieder; im Lichtauge sind lange Außenglieder dazugewachsen, die eine deutliche Unterscheidung in Stäbchen und Zapfen erlauben und tief in den von der Pigmentschicht herzugewanderten Farbstoff eintauchen.

Mit ihren groß und differenziert gewordenen Augen vermögen die Lichtolme tatsächlich zu sehen (Fig. 5). Das wird durch Fütterungsver-

[1]) *P. Kammerer*, „Experimente über Fortpflanzung, Farbe, Augen und Körperreduktion bei Proteus anguineus Laur.", Archiv für Entwicklungsmech. XXXIII, 349—461, 1912.

suche bewiesen[1]), wobei nach dem an einer Schnur herabgelassenen Köder *d* zwecks Ausschaltung chemischer und Tastreize durch die Wand der kleinen Glaswanne *b* geschnappt werden muß. Diese, die dem Tiere während der *Sehprobe* eben Raum gewährt, wird in eine größere, nahezu bis zum Rande der kleineren ebenfalls wassergefüllten Wanne *a* gestellt, da ich bemerkt zu haben glaubte, daß die Totalreflexion der Lichtstrahlen zwischen Wasser und Luft den Ausblick auf den Köder erschwert hatte.

Es war verlockend, von großgeäugten Olmen in der Dunkelzisterne eine zweite Generation zu ziehen: vielleicht hätte sie sich in bezug auf Augenrückbildung minder „reaktionär" erwiesen

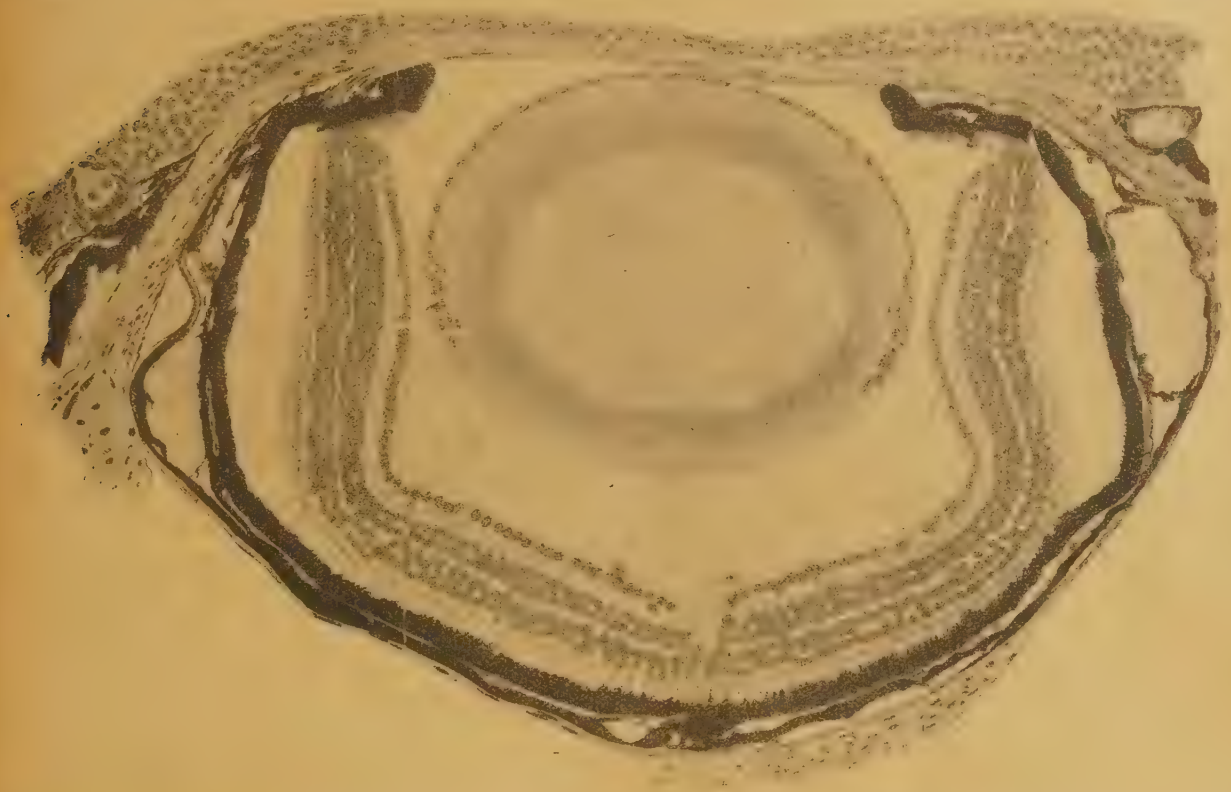


Fig. 3. Längsschnitt durch das Auge *eines* fast 5 Jahre *bei Licht* (18 Monate hindurch alternierend rotes und Tageslicht) *gehaltenen Olmes*, bei gleicher Vergrößerung wie Fig. 2. Näheres im Text. (Nach *Kammerer*, Archiv für Entwicklungsmechanik, *33.* Bd.)

als die Nachkommen des kümmeräugigen Finsterolmes. Im bejahenden Falle hätte wieder ein Beispiel von *„Vererbung erworbener Eigenschaften"* vorgelegen. Ich unterließ den Zuchtversuch und nütze die Gelegenheit, *G. Freytag*[2]) zu berichtigen, der bei Nennung meines Ergebnisses angibt, ich hätte die Augenvergrößerung „in vielen Generationen" erreicht. Das ist ein Irrtum: die erzielten Veränderungen — so groß sie sind — beziehen sich auf eine einzige Generation.

Ich unterließ die Weiterzucht und konservierte das Material, weil ich daran verzweifelte, selbst durch positive Vererbungsresultate (an denen ich *kaum* zweifelte) zur Problemlösung etwas grundsätzlich Neues beizusteuern. Im Gegenteil, sämtliche Einwände, durch die man eine Vererbung erworbener Eigenschaften in Abrede stellt, passen auf den Fall: *direkte Beeinflussung der Keimzellen* (Scheinvererbung), denn der farbarme Leib des Olmes ist durchlässig für Licht; *Rückschlag* (kein Neuerwerb), denn der blinde Grottenolm stammt — wie schon die bessergebildeten Augen der Jüngsten nahelegen — von oberirdischen, sehenden Arten ab; *Zuchtwahl*, denn Sehfähigkeit wird mit dem Übergange zur Oberwelt nützlich. Aber auf welchen Fall passen dieselben Einwände nicht? Darin beruht ja ihre Schädlichkeit, daß sie, weil überall anwendbar, die Frage zu einer unlösbaren machen; gegenständlich erkennt man ihre Unfruchtbarkeit, weil sie den Forscher von einer Untersuchung abschrecken, für die er anderenfalls wertvolle Objekte bereithielte; aussichtslos aber ist das Weiterforschen unter dem drohenden Verhängnis stereotyper Einwürfe, deren Urheber ihren Gegnern die ganze Beweiseslast aufbürden, zugunsten ihrer eigenen theoretisierenden Vorhal-

[1]) *Kammerer*, „Nachweis normaler Funktion beim herangewachsenen Lichtauge des Proteus", Pflügers Archiv f. d. gesamte Physiologie, *153.* Bd., 430—440, 1913.

[2]) „Lichtuntersuchungen bei Tieren I." — Arch. f. vergl. Ophthalmologie *IV*, S. 68, 1914.

tungen jedoch nicht den Schatten eines Beweises beibringen.

Im Beispiele des Lichtauges von Proteus bedurfte es nicht einmal der Nachzucht, um ungenügend überlegte, im voraus widerlegte *Bedenken* wach werden zu lassen. *Semon*[1]) sah es (1912) richtig voraus, da er schrieb: „Mancher wird vielleicht angesichts der Möglichkeit, die volle Wiederausbildung innerhalb einer Generation zu erzwingen, auf den Gedanken kommen, es sei bei der Augenrückbildung von Proteus überhaupt kein erblicher Faktor im Spiele, sondern es handle sich um eine lediglich durch die äußeren Bedingungen regulierte, nicht erbliche ‚Modifikation'. Dies wäre aber eine ganz falsche Auffassung."

Fig. 4. Detailbilder aus den *Augenhäuten* der in Fig. 2 und 3 dargestellten Schnitte durch *Olm*augen: links *Dunkelauge* (normal!), rechts *Lichtauge* (Experiment!). — Von innen (im Bilde oben) nach außen (im Bilde unten) folgende Schichten: Netzhaut (und zwar Ganglienzellenschicht, innere retikuläre Schicht, innere Körnerschicht, äußere retikuläre Schicht, äußere Körnerschicht, Sehzellenschicht, Pigmentschicht); ferner Aderhaut und harte Augenhaut. — Im Lichtauge (rechte Figur) haben die 5 inneren Schichten wesentliche Verdünnung erfahren, aber in der Sehzellenschicht sind Außenglieder hinzugekommen, welche die zweite und letzte Zelle (von links aus gerechnet) als *Stäbchen* von den übrigen, den *Zapfen*, zu unterscheiden erlauben. (Nach *Kammerer*, Archiv für Entwicklungsmechanik, *33.* Bd.)

Der Autor, der *Semons* Voraussicht zuerst in Erfüllung gehen ließ, war *F Megušar* (1914); er hatte beim *Höhlenflohkrebs* (Niphargus) eine ähnliche Wirkung hervorgebracht wie ich beim Grottenolm; Niphargus besitzt nicht bloß — wie der Olm — rudimentäre, sondern überhaupt keine Augen mehr, nur ein Ganglion opticum, von welchem nicht einmal ein Sehnerv entspringt. Genau an den Stellen des Kopfes nun, wo Augen sitzen sollten, bekamen hell gehaltene Höhlenflohkrebse wenigstens gelblich-braune Pigmentflecke. „Diese und von anderen Forschern (*Weindl. Kammerer*) konstatierten Aufdifferenzierungen rudimentärer Organe", folgert aber *Megušar*[1]), „sprechen für die Nichterblichkeit äußerlich induzierter Eigenschaften; denn wenn eine dauernde Fixierung von äußerlich hervorgerufenen Veränderungen möglich wäre, so hätte dies die Natur an der Hand unermeßlicher Zeiträume und Radikalismus der Einwirkung zustande gebracht. Die Höhlentiere müßten die im Dunklen erworbenen Charaktere (bleiche Färbung, rudimentäre Augen) wenigstens in einer Generation am Licht beibehalten haben."

Diese Überlegung gleicht grundsätzlich der, die *Weismann*[2]) meiner Experimentalzucht mit Geburtshelferkröten[3]) entgegenstellte: *Weismann* fand einen Widerspruch darin, daß Veränderungen sich zwar auf die Nachkommen übertrugen, die Vorfahren aber langvererbte Eigenschaften sogleich zu verändern gezwungen werden konnten. Wir müssen uns darüber klar sein, daß solches

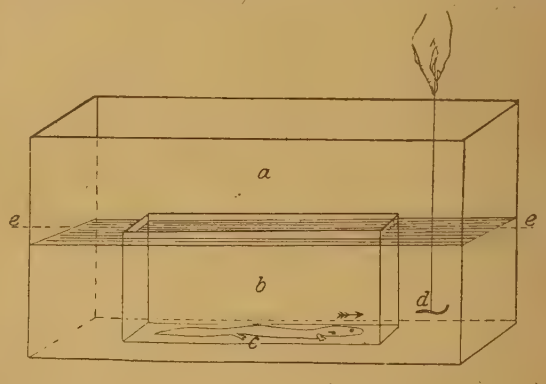


Fig. 5. *Sehprobe* des am Lichte gehaltenen *Großaugenolmes: a* große, *b* kleine Glaswanne, *c* der in letzterer befindliche Probeolm, *d* Köder (Regenwurm), *e* Wasserspiegel, in beiden Gefäßen gleich hoch, aber nicht kommunizierend. (Nach *Kammerer*, Archiv für die gesamte Physiologie, *153.* Bd.)

Verhalten, derartiger Übergang von *Stabilität zu Labilität und umgekehrt*, in der Tat vom Artenwandel, wenn je einer stattfand, unzertrennlich ist. Sollen sich neue Arten bilden, so muß der Strom ihres Lebens aus dem alten Bett gelenkt werden und in der frischen Bahn beharren können. *Weismann* und *Megusar* aber stellten uns vor die Alternative: entweder sind die Eigenschaften der Lebewesen, weil sie sich zu ändern vermochten, unvererbt; oder sie vererben sich zwar, müßten aber dann unveränderlich sein. Die Ansicht führt zurück zum Konstanzglauben; nur

[1]) „Das Problem der Vererbung ‚erworbener Eigenschaften'" Leipzig, W. Engelmann, 1912, S. 45.

[1]) „Über den Einfluß äußerer Faktoren und über Vererbung bei Crustaceen, Insekten, Mollusken und Amphibien." Verh. Ges. deutsch. Naturf. u. Ärzte, *85.* Vers. Wien, 2. Teil, 1. Hälfte, S. 718, erschienen 1914.

[2]) „Vorträge über Deszendenztheorie" 3. Aufl., *II.* Bd., Jena, G. Fischer, 1913, S. 75.

[3]) Zuletzt: „Vererbung erzwungener Formveränderungen I. Mitt." — Arch. f. Entwicklungsmechanik, *XLV.* Bd., S. 323—370, 1919.

der gegenteilige Standpunkt verträgt sich mit dem Entwicklungsgedanken.

Halten wir uns an den Grottenolm; ist *das Rudimentärbleiben seines Auges eine erbliche Eigenschaft,* trotzdem sie unter gewissen Bedingungen aufgehoben werden kann? Wäre sie es nicht, so sollte man erwarten, daß einfache und beliebige Helligkeitswirkung genügt, um jeden in jugendlichem Alter dem Licht ausgesetzten Olm zur Vollentwicklung der Augen zu bringen. Statt dessen bedarf es — wie wir hörten — eigener Maßregeln, um die Rückentwicklung trotz der Beleuchtung zu verhindern. Im besonderen ist die Rückbildung nicht aufzuhalten, wenn sich Pigment in der über dem Auge liegenden Haut angesammelt hat: kommt wohl diese Verdunkelung derjenigen gleich, die mit dem Aufenthalt in der Höhle verbunden ist? Keineswegs! *Secerov* wies nach, daß durch die intensiv gefärbte Körperdecke des Erdsalamanders[1]), ja durch den Schuppenpanzer der Eidechse[2]) Bruchteile der äußeren Lichtmenge bis zur Bauchhöhle vordringen; um wieviel mehr müssen sie es bis zum Auge des Olmes zu tun imstande sein, welches dicht unter der, wennselbst pigmentierten Haut gelegen ist! Dennoch „genügt schon eine so leichte Verdunkelung", erklärte *Semon* (a. a. O.), „. . . um die Entwicklung des Auges zum Stehen zu bringen, die Rückbildung einzuleiten".

Diesbezüglich lehrreich sind die sozusagen (d. h. für das unmittelbare Versuchsziel) *mißlungenen Fälle,* deren ich[3]) mehrere beschrieb: über die Norm hinausgehende Augenentwicklung hatte bereits einen mächtigen Anlauf genommen, ja einmal zur Vorwölbung von Hornhäuten geführt und war dennoch — im Tageslicht! — rückgängig geworden. Auch ist zu erinnern, daß das höchstentwickelte, funktionierende Olmauge noch nicht den Zustand erreicht hat wie etwa bei einem oberweltlich lebenden Triton; es ist ein Larvenauge geblieben. Man könnte sagen: weil der Olm als ganzer eine Larvenform ist. Richtig!: aber höchstwahrscheinlich aus denselben Gründen, weshalb sein Auge rückständig blieb; schwerlich ist Proteus ein ursprünglicher Kiemenlurch, sondern nachträglich degradiert. Seine Ahnen dürften Molche gewesen sein, denen die lungenatmende Endform nicht unerreichbar war.

Wie verhalten sich solch *oberirdisch hausende* Verwandte — Wassermolche, Salamanderlarven —, wenn wir sie in ewige Nacht versenken? Kümmern ihre Augen, bleiben sie wenigstens auf larvaler Stufe stehen? In derselben Generation — auf mehr erstrecken sich die Beobachtungen nicht — ist hiervon kein Zeichen zu merken! Ja, *Uhlenhuth*[1]) erzielte Vollausgestaltung gepfropfter Salamanderaugen, trotzdem der an fremde Stelle (in die Nackengegend) verpflanzte Augapfel zunächst einschmolz und später aus dem transplantierten Stoff von Grund auf neu hergestellt werden mußte. Der Vorgang blieb derselbe, mochten die Salamander bei Licht oder Lichtabschluß gehalten sein. *Eigenmann*[2]) und Schüler ließen Eier blinder Höhlenfische im Licht, sehender Oberweltfische im Dunkel entwickeln und erhielten trotzdem dort degenerierte, hier vollentwickelte Augen. *Wirbellose* Tiere verhalten sich ja mehrfach anders: *Viré*[3]) und *Rob. Schneider*[4]) beobachteten beim gewöhnlichen, oberweltlichen Flohkrebs (Gammarus pulex) und bei der Wasserassel (Asellus aquaticus), *Kapterew*[5]) bei Wasserflöhen (Daphnia pulex) eine Auflockerung der Augenstruktur, *Kapterew* sogar mit erblicher Nachwirkung —, wenn genannte Ringelkrebse im Finsteren gehalten wurden; *Ferronière*[6]) beobachtete allmählichen Augenschwund im Verlaufe von zwei Generationen bei Ringelwürmern.

Zum Vergleiche mit dem uns hier beschäftigenden Fall — dem Grottenolm — dürfen wir aber nur engere Stammesgenossen heranziehen. Zumindest für die Augenentwicklung der Schwanzlurche und Fische also scheint auch zu gelten, was *Fr. Hertz*[7]) von der menschlichen Rassenentwicklung sagt: „Es ist sehr glaublich, daß gewisse Rasseneigenschaften oft *leichter erworben als verloren werden.*" Das durch Finsternis erblindete Auge wird durch Lichtaufenthalt sehtüchtig, ehe das im Lichte wohlgebildete Auge in der Dunkelhaft verkümmert. Jedoch zweifellos nicht bloß Erwerb, sondern ebenso Verlust neigt — einmal herbeigeführt — zur erblichen Wiederkehr. Darüber dürfen wir uns von den Ergebnissen an niederen Tieren schon belehren lassen, zumal wenn wir sie mit unserer Erfahrung zusammenhalten, wie heikel das Jungauge des Olmes vor Verdüsterung behütet sein will, soll es den steilen Weg zum Lichtauge hin durchmessen können.

Der bisher erwähnte Gegner dieser Begründung (*Megusar*) pflichtete doch der Ansicht bei, daß Ausbleichung und Augenreduktion der Höhlentiere durch Lichtmangel entstehen; hierzu war

[1]) „Die Umwelt des Keimplasmas II. Der Lichtgenuß im Salamandrakörper." — Arch. f. Entwicklungsmech. *XXXIII.* Bd., S. 682, 1912.

[2]) III. Der Lichtgenuß im Lacertakörper. Ebenda *XXXIV,* 742, 1912.

[3]) Arch. f. Entwicklungsmech. *XXXIII,* 1912, S. 430, 431.

[1]) „Die Transplantation des Amphibienauges." Ebendort; auch *XXXVI* 1913 und Anatomenkongreß in St. Louis, Dezember 1914.

[2]) „Cave Vertebrates of America." Carnegie Inst. Publ. Nr. 104, Washington 1909; daselbst weitere Literatur.

[3]) „Faune souterraine de la France", Paris 1905.

[4]) „Der unterirdische Gammarus von Claustal." Sitz.-Ber. preuß. Ak. d. Wiss. S. 1087, 1885.

[5]) „Experimentaluntersuchungen über die Frage vom Einflusse der Dunkelheit auf die Gefühlsorgane der Daphnien." Biol. Zentralbl. *XXX,* Nr. 7, 1910; auch *XXXII,* 1912.

[6]) „Etudes biologiques sur la faune supralittorale de la Loire Inférieure", 1901.

[7]) „Rasse und Kultur", Leipzig 1915, S. 37.

er auf Grund persönlicher Versuchserfahrung (und zwar nicht bloß der hier wiedergegebenen) gezwungen. Nur glaubte er keine Vererbbarkeit der im Dunkeln erworbenen Eigenschaften zugeben zu dürfen: diese seien eben nur *„Modifikationen"*, die in jeder Generation schwanken, je nach den Umständen bald in der, bald in jener Richtung reagieren können. Im Gegensatz hierzu huldigen andere Gegner zwar der Anschauung, daß die nämlichen Merkmale — Pigment- und Augenmangel oder Pigmentarmut und Kümmeraugen der Grottenbewohner — sich forterben; denn sie bezeichnen sie als *„Mutationen"*, worin Erblichkeit begriffsmäßig eingeschlossen ist. Ich nenne dafür *Cuénot*[1]), *Eigenmann* (l. c.) und *J. Loeb*[2]) als Hauptvertreter; minder extreme Ansätze finden sich schon bei *Hamann*[3]), *G. Joseph* und *Garman*. Aber jene Merkmale gelten ihnen nicht als erworben, namentlich nicht durch Wegfall der Lichtreize, sondern die Merkmale seien durch unbekannte innere Ursachen entstanden, allenfalls durch Auslese reiner dargestellt. Kaum ein anderes logisches Argument zeigt die Haltlosigkeit so willkürlicher Deutungen schlagender, als wenn die Leugner der erblichen Umweltswirkung mit Bezug auf ein und denselben Fall uneins sind — uneins in einer Weise, die ich auch mit Hinblick auf meine Zuchtvariationen an der Geburtshelferkröte in folgendem Satze festhielt: Was sich verändert, ist dem einen erworbene Eigenschaft und daher nicht vererblich; dem andern ist es vererblich und daher keine erworbene Eigenschaft!

Wie kommen *Loeb*, *Cuénot* u. a. um die Notwendigkeit herum, die Merkmale der Höhlenfauna durch den Aufenthalt in der Höhle zu erklären? Ich muß mich tunlichst enge an das in meinem Aufsatze meistbehandelte Objekt halten, das Höhlentierauge; denn dazu, alle Kennzeichen der Höhlentierwelt — als da sind: langgestreckte etiolement-ähnliche Schmächtigkeit, Flügellosigkeit, stellvertretende Überentwicklung der Tast-Geruchs-Werkzeuge — im gegenwärtigen Zusammenhange zu berücksichtigen, brauchte ich mehr Raum, als „Die Naturwissenschaften" zur Verfügung stellen können. Der leitende Gedanke bei den zuletzt genannten Schriftstellern ist folgender: Wie gesagt, entstehen die „Höhlencharaktere" angeblich unabhängig von Lebensbedingungen, aus unerforschlichen („mutativen") Ursachen, die im Lebewesen selbst gelegen sind. Dann brauchen sie aber nicht erst im Erdinneren zu entstehen, sondern können es ebensogut auf der Erdoberfläche. *Die Höhlentiere haben daher schon, bevor sie in die Höhlen kamen, ebenso ausgesehen:* als schlechtsehende oder blinde, blasse oder ausgeblichene Geschöpfe fühlten sie sich von dunklen, feuchten, kühlen Orten unwiderstehlich angezogen. So gelangten sie schließlich in die unterirdischen Gewölbe. Und da ihnen gutsehende Geschöpfe an der Oberwelt das Futter wegschnappten [wörtlich so: *Loeb*[1])], umgekehrt in der Unterwelt jene Vorteil hatten, die bei der Nahrungssuche auf ihren Gesichtssinn schon nicht mehr angewiesen waren: so vermochten sich hier vorwiegend nur blind-bleiche zu erhalten, denen die Einwanderung gelungen war, dort dagegen vorwaltend die sehend-gefärbten, die sich nicht unter die Erde verirrt hatten.

Und die Begründung? Sie stützt sich auf vergleichende Naturbeobachtungen (namentlich *Cuénot*, auch *Eigenmann*) und experimentelle Befunde (*Eigenmann*, namentlich *Loeb*). Beschäftigen wir uns zuerst mit den *vergleichenden*. Noch heutigen Tages gibt es außerhalb der Grotten Tiere, deren Augen und Farben kümmerlich sind; entsprechend — als Zeugnis dessen, daß die Dunkelheit nichts ausmacht — innerhalb der Grotten Tiere, deren Augen und Farben wohlentwickelt sind; darunter solche (Höhlenkäfer Machoerites subterraneus), wo die Männchen große Augen besitzen, die Weibchen kleine oder keine. — Allgemein muß dazu bemerkt werden, daß *Naturbeobachtungen nie die Beweiskraft einwandfrei geführter Versuche zu schwächen* vermögen. In den anorganischen Naturwissenschaften ist man sich längst klar darüber, in den organischen fehlt es noch an dieser Einsicht. Die natürlichen Bedingungen sind allzu zusammengesetzt, um die Entscheidung zu ermöglichen, welche im Einzelfalle ausschlaggebend waren; die Trennung der Bedingungskomplexe gelingt nur im Laboratorium. Der Naturbefund läßt *jede* Deutung und Gegendeutung zu, aber die eine wie die andere kann irren.

Freilandbewohner, die wie Höhlenbewohner aussehen, halten sich versteckt unter Steinen, Holz und Rinde, in der Erde, in künstlichen Bauten. Beiläufig soll auf die Ähnlichkeit vieler Höhleninsekten mit Termiten und Ameisen, ihrer Wespentaille, Spinnbeinigkeit, Klein- oder Fehläugigkeit, ihren roten, braunen, gelben Farbtönen, ihrer Zeichnungsarmut (ebensovielen Zeichen von Pigmentschwäche) verwiesen sein: fänden sich Höhlenkäfer in Ameisenhaufen, so würde man flugs von Mimikry sprechen! Bei den Ameisen wiederholt sich auch die geschlechtliche Zwiegestalt: großgeäugte Männchen, kleingeäugte Weibchen. *Semon* (l. c. S. 38) hat mit Bezug auf diesen Fall (Machoerites unter den Höhlenkäfern) erwogen, ob nicht manche Nacht- und Höhlenkerfe zum Zwecke der Geschlechtersuche in einer dem menschlichen Auge unsichtbaren Strahlen-

[1]) „La genèse des espèces animales." Paris, Alcan, 1911. — Neuerdings: Biologica IV, Nr. 42, 1914, und Bull. Société biologique de France. Vol. *39*, p. 83, 1914.

[2]) „The blindness of the cave fauna and the artificial production of blind fish embryos by heterogeneous hybridization and by low temperatures." Biol. Bull. *XXIX*, Nr. 1, pp. 50—67, 1915.

[3]) „Europäische Höhlenfauna." Jena, Herm. Costenoble. 1896, S. 17—26. *G. Joseph* und *Garman* daselbst zitiert.

[1]) „Aphorismen zur Vererbungslehre". — Das monistische Jahrhundert I, 1, S. 6—12, April 1912.

gattung leuchten, ähnlich wie es die Johannes-„würmchen", Feuer„fliegen" und viele Meeres-, zumal Tiefseebewohner in auch uns wahrnehmbaren Strahlen tun. Doch brauchen wir eine derartige Annahme vorerst nicht. „Wer sich je mit dem Ursprung der Geschlechtsunterschiede beschäftigt hat, wird darin keine Schwierigkeit erblicken," erklärte ich an anderer Stelle[1]), „fast ausnahmslos besitzen die Männchen das Vorrecht der positiven Merkmale, der Waffen und Ornamente, bei allen fortschrittlichen Erwerbungen sind sie rascher zur Hand, bei allen rückschreitenden Vorgängen leisten sie länger Widerstand." Höhlenbewohner können auch an die Oberwelt *verschlagen* werden und — solange nicht genug Zeit verstrich, um die Rückanpassung zu leisten — die Charaktere ihrer wahren Heimat beibehalten.

Dementsprechend halten sich *Einwohner der Grotten, die wie Freilichtwesen aussehen,* entweder — stammesgeschichtlich gesprochen — noch nicht hinreichend lange in Höhlen auf, um die Charaktere ihrer neuen Heimat anzunehmen, oder sie halten sich nahe deren Eingang auf, allgemein an Stellen, wo Licht einfällt, sei es in welcher Tiefe immer. „So kommen," schreibt *Hamann* (a. a. O. S. 18), „eine Stunde vom Eingange in die Adelsberger Höhle tief am Kalvarienberg zur Winterszeit Fledermäuse vor, die durch solche Spalten in großer Anzahl in die Höhlen gelangen. Im Sommer trifft man sie nicht mehr an; auf ihre frühere Anwesenheit deuten nur noch die zahlreich an den Stalaktiten sitzenden Zecken." So beantwortet sich auch die Frage *Loebs,* weshalb unter den amerikanischen Grottenmolchen Typhlotriton und Typhlomolge degenerierte Augen haben, Spelerpes aber sehende: *Banta* und *Mc Atee*[2]) geben ausdrücklich an, daß Spelerpes maculicauda für gewöhnlich nur die Mündungen der Höhlen bewohnt und nur zur Laichzeit tiefer in deren Inneres wandert. Bei der Höhlenassel Trichoniscus Gachassini und dem Käfer Machoerites Mariae besitzen die in Eingangsnähe lebenden Individuen noch etwas Farbstoff und kleine, gut geformte Augen, während die in vollkommene Finsternis verbannten Exemplare ungefärbt, ihre Augen ganz verkümmert sind. Dazwischen Übergänge an Orten, wohin noch Lichtspuren dringen. Von der japanischen Krabbe Cyclodorippe unci-fera fand *Doflein*[3]) zwei „Standortsvarietäten", von denen die eine in der Tiefsee, die andere im Seichtwasser lebt. „Während die erstere stark rückgebildete Augen hat, besitzt letztere solche, die wohlentwickelt und zum Sehen geeignet sind. Aber auch bei der Tiefseevarietät konnte ich feststellen, daß ein Muttertier, dessen eigene Augen gänzlich rudimentär waren, an seinem Hinterleib Larven trug, deren Augen dunkel pigmentiert waren und alle wesentlichen Elemente des Fazettenauges besaßen."

Müssen nicht gar manche verneinende Bedenken neben so beredtsamen Tatsachen verstummen? Was sagt *Cuénot* dazu?: „Es ist leicht zu verstehen, warum die mit Augen versehenen Tiere näher dem Eingang bleiben; sie müssen einfach weniger lichtscheu sein als die blinden." Und die Ursache der Gesamterscheinung?: eine *„oszillierende Mutation"!* Ähnlich *Loeb:* auch ihm sind mehrere Stufen der Augenverkümmerung nicht ebensoviele Stadien der Stammesentwicklung, sondern selbständige Mutationen, die voneinander und vom Milieu vollkommen unabhängig auftreten.

J. Loeb — der geniale experimentierende Pfadfinder auf den Gebieten der Tropismen und der jungfräulichen Zeugung — ist auf der Suche nach Herkunft der Höhlentiermerkmale leider in dieselbe Sackgasse geraten wie *Cuénot* und *Eigenmann.* Und während *Loebs* Besonnenheit und Urteilskraft sonst größte Bewunderung abnötigt, sind seine Experimente, die zur Lösung des Höhlentierproblemes beitragen sollten, in geradezu unbegreiflicher Weise falsch gedeutet. *Loeb* kultivierte Eier des marinen Warmwasserfisches Fundulus heteroclitus im Finsteren, in Wasser von 0—2 ° C, in Seewasser mit Cyankalizusatz, wodurch Sauerstoffmangel entsteht; er beruft sich auf ähnliche Versuche von *Stockard* und *Mc Clendon* mit Zusatz von Magnesiumsalzen oder Alkohol; endlich befruchtete er die Eier mit Samen der nicht nahe verwandten Fischgattung Menidia. Der Lichtmangel ließ die Entwicklung unbeeinflußt; unter dem Einflusse der chemischen, thermischen, biologischen Schädlichkeiten aber entstanden lebensunfähige Embryonen mit Kreislaufstörungen und verschiedensten Mißbildungen. Unter letzteren ein gewisser Prozentsatz mit defekten oder fehlenden Augen: also mannigfache und *ganz unbestimmte Degenerationen.* Beinahe komisch wirkt es, daß einer von den Kälteembryonen vom Gesamtkörper nur den Schwanz und ein riesiges Auge samt Linse erkennen ließ: als vollendetes Gegenstück zu den Embryonen mit Rumpf und ohne Augen ein Embryo mit Augen ohne Rumpf! Schlagender konnte die Unspezifität von *Loebs* Schädigungsfaktoren nicht dargetan werden!

Welche *Nutzanwendung* macht *Loeb* von seinen (absolut genommen) hochinteressanten Fundulusversuchen auf die Höhlentiere? Er behauptet, daß deren Augenverkümmerung mit Lichtmangel nichts zu schaffen habe. Lange konnte ich den Zusammenhang zwischen Prämissen und Schlußfolgerung nicht verstehen; heute glaube ich, ihn folgendermaßen interpretieren zu dürfen: 1. Weil *Loebs* Fischeier bei *wenigtägigem* Dunkelaufenthalt keine blinden Embryonen zutage förderten, könne bei *vieljährigem* Dunkelaufenthalt die

[1]) „Experimente an Höhlentieren, besonders dem Grottenolm." Aus der Natur *VIII*, 8./9., 1912.

[2]) „The life history of the Cave Salamander, Spelerpes maculicaudus (Cope)." — Proc. U. S. Nat. Mus. *XXX*, pp. 67—83, 1906.

[3]) „Die Augen der Tiefseekrabben." Biol. Zentralbl. *XXIII*, 1903.

Blindheit ganz anderer Tiergattungen nicht durch Finsternis entstehen. — 2. Weil dagegen blinde Fischembryonen durch Temperatur- und stoffliche Agentien binnen so kurzer Frist zu gewinnen waren, sind diese den optischen an Wirksamkeit überlegen. — 3. Chemischer Beschaffenheit sind die Reaktionen im Organismus: also haben innere Agentien als Erzeuger der „Höhlen"blindheit die größte Wahrscheinlichkeit für sich.

Ehe ich in der Erörterung Loebscher Auslegungen fortfahre, sei ein zwar nichtexperimenteller, aber durchaus beachtenswerter Fund *Cuénots*[1]) und *W. Müllers*[2]) eingeschaltet: die beiden Forscher — der eine an französischen, der andere an deutschen Standorten — trafen blinde und farblose Arten der Flohkrebsgattung Niphargus in ständig kalten Quellen der Erdoberfläche, zusammen mit dem sehenden, gefärbten Flohkrebs Gammarus, zusammen ferner mit dem *Eiszeitrelikt* Planaria alpina. Unterirdische Klüfte befinden sich nicht auf dem Grunde jener Urgesteinsbrunnen, so können die Niphargus kaum Verirrte aus dem Erdinneren sein. Zwar verbergen sie sich unter Steinen und abgestorbenen Blättern, aber die Mitbewohner tun es nicht minder. *Cuénot* meint — und *W. Müller* gelangt zum gleichen Schlusse —, zur Eiszeit sei der wärmescheue Niphargus allenthalben verbreitet gewesen; heute sei er ebenso wie der „wertvolle Zeuge" Planaria alpina, wo unterirdische Gewässer unzugänglich bleiben, auf die kühlsten Quellen beschränkt. Treffen all diese Feststellungen zu, so muß darin noch keine *„préadaptation"* oder Vorbestimmung, kein Unverändertbleiben des Niphargus gesehen werden; sondern hier könnten speziell *Loebs* Kälteversuche einen Fingerzeig gewähren. Vielleicht sind Farb- und Augenmangel des oberirdisch lebenden Quellflohkrebses durch niedere Temperatur hervorgerufen? Daß ein Ziel auf verschiedenen Wegen erreicht wird, ist durch Erfahrungen der organischen Variation auch sonst reich belegt: z. B. Schwärzung des Falterflügels durch Frost- und Hitze-, Kohlensäure- und Feuchtigkeitseinwirkung auf die Puppe, Ernährung der Raupe mit weichen, stickstoffreichen Blättern.

Bei festtäglichen Wirtshausschlägereien ist in Tirol der Kunstgriff üblich, dem Raufkumpan durch gewandten Daumendruck ein Auge herauszuquetschen. Diese „Sitte", die von den Tiroler Behörden vergeblich bekämpft wird, ist aber ungefähr ebenso geeignet wie *Loebs* an Fischen verübte Vergiftungen und Erfrierungen, um den Schluß darauf zu bauen, die Augenlosigkeit der Höhlentiere sei *nicht vom Höhlendunkel verursacht.* Bald nachdem *Loeb* in einem Aufsatze „Aphorismen zur Vererbungslehre[1]) (April 1912) das Hauptergebnis seiner Fundulusversuche niedergelegt hatte, machte ich ihn (Juli 1912) im selben Sinne wie hier auf das Unstimmige seiner Folgerungen aufmerksam und fügte hinzu, daß *Loeb* sich schwerlich auf seine, *Mc Clendons, Stockards* und *Eigenmanns* Fischexperimente zu gedachtem Zwecke gestützt haben würde, hätte er von meinen (seither erst veröffentlichten) Versuchen am Grottenolm bereits Kenntnis nehmen können[2]). Allein in diesem guten Glauben fand ich mich enttäuscht; denn in seiner 1915 erschienenen Arbeit schreibt *Loeb* (S. 54):

„Kammerer scheint der einzige Schriftsteller zu sein, der es noch als gegeben annimmt, daß die Höhlentiere ihre Augenverkümmerung dem Lichtmangel danken; und die Stütze seiner Ansicht beruht in der Feststellung, daß fünf junge Höhlenmolche (Proteus) unter gewissen (einigermaßen rätselhaften) Beleuchtungsbedingungen größere Augen entwickelten. In anderen Fällen blieben die Augen von Proteus im Lichte unverändert. Es wäre ratsam, sich zu vergewissern, ob es nicht zwei Spielarten von Proteus gibt, und überdies wäre es wünschenswert, jene Versuche auf breiterer Grundlage zu wiederholen."

Zu den bereits aufgezählten Autoren, die — auf Grund reicher Empirie — mit mir an der Meinung festhalten, daß die Höhlentiere von der Höhlennatur geformt sind, nenne ich jetzt noch *Fries*[3]), *Rabaud*[4]), *Doflein*[5]), *Emmerich*[6]); es verrät wenig Literaturkenntnis, wenn *Loeb* mich diesbezüglich als *alleinstehend* voraussetzt. Die weitere Bemängelung stellt aus, daß 5 (soll heißen 6) Exemplare zu wenig sind; da könne *Zufall* mitspielen. Diese 6 Stücke könnten einer schon von Natur aus zum Augenwachstum neigenden Variation oder Mutation angehört haben.

Man beachte zunächst noch, wie schlecht meine *Versuchsanordnung* durch *Loeb* wiedergegeben ist: ohne Nennung der „certain (somewhat puzzling) conditions", ohne scharfe Unterscheidung von rotem und Tageslicht muß ja der mit meiner Arbeit unbekannte Leser glauben, daß unter beliebigen, dem Lichte exponierten Olmen nur fünf Stück „größere Augen" bekamen. Wie wenig wird auch der ungefähre Ausdruck „larger eyes" dem wahren Tatbestand — siehe ihn zu Beginn vorliegenden Aufsatzes — gerecht! Daß die Augenvergrößerung nur bei roter, farbunwirksamer Belichtung vor sich geht, ist in *Loebs* Besprechung verschleiert.

---

[1]) „Niphargus, étude sur l'effet du non-usage." Biologica IV, Nr. *42*, pp. 169—173, Juni 1914.

[2]) Zit. bei *Cuénot* et *Mercier*, „Sur quelques espèces reliques de la faune de Lorraine" und „La vie épigée de Niphargus aquilex". Bull. Soc. zool. de France *XXXIX*, p. 83, 1914.

[1]) Das monistische Jahrhundert I, *1*, S. 6—12.

[2]) „Monistische und dualistische Vererbungslehre." Ebendort, Heft 7, S. 225—235.

[3]) „Die Falkensteiner Höhle, ihre Fauna und Flora." Württembergische Jahreshefte *XXX*, Nr. 7.

[4]) „Le peuplement des cavernes et le comportement des êtres vivants." Biologica I, *12*, pp. 389—394, 1912.

[5]) „Tierbau und Tierleben" II, Leipzig-Berlin, Teubner, 1914, besonders S. 886.

[6]) „Einfluß des Höhlenlebens auf Insekten." Natur IV, *11*, S. 270, 271, 1913.

Aber sei es drum: daß dem bejahend ausgefallenen Rotlichtversuch nur so wenige Exemplare dienten, darf ich diesmal fast als Vorzug empfinden. Oder wäre die augenbegabte Mutation gerade nur bei den 6 in rotem Lichte aufgezogenen Olmen — bei ihnen aber *ausnahmslos* — in Erscheinung getreten; *niemals* dagegen bei 40 Olmen, ihren Nachzüglern und Nachkommen, die im Dunkeln heranwuchsen? *Ausgerechnet* nur bei den paar in rotem Lichte gehaltenen Olmen, trotzdem die Mutation unabhängig von Licht und Finsternis aus inneren Gründen Platz greifen soll?! Welche grenzenlose Willkür, präexistente Unterarten zu bemühen, die niemand je gesehen hat, um den klaren Versuchsausfall zu umgehen, der einer sterilen wissenschaftlichen Modenarrheit widerspricht! Wenn das die Verwertung ist, die unsere Experimente erfahren: welches Mittel steht dann noch offen, um naturwissenschaftlichen Fortschritt zu erzielen?

Deutsche Ornithologische Gesellschaft.

In der Sitzung am 8. September sprach Pfarrer *Lindner* aus Quedlinburg über **die Vogelwelt in Hiddensee,** der Vogelfreistätte und Beobachtungsstation des Bundes für Vogelschutz. Pfarrer *Lindner*, der alljährlich für ornithologische Studien Hiddensee besucht, weilte im Juli und August dieses Jahres auf der Vogelfreistätte und machte folgende Beobachtungen: Der Säbler (Recurvirosta avosetta L.) und der Steinwälzer (Arenaria interpres L.) sind leider als Brutvögel von der Insel verschwunden, wohl eine Folge der argen Eierräubereien, die während des Krieges, besonders aber in diesem Jahr in geradezu schamloser Weise ausgeführt worden sind, gegen die der (mit dem Schutz der brütenden Vögel betraute) Wärter völlig machtlos war. Während der Brutzeit besuchte fast täglich eine größere Anzahl Menschen die Vogelkolonien, raubte die Eier und bedrohte das Leben des Wärters, wenn er versuchte, ihrem Treiben Einhalt zu gebieten. Wenn sich die Regierung nicht dazu entschließt, ihrerseits schützend einzugreifen, sind die Vogelkolonien auf Hiddensee in kurzer Frist dem Untergange preisgegeben. Andererseits könnte bei der gewaltigen Anzahl der dort brütenden Möwen durch ein zielbewußtes und rationelles Einsammeln der Eier in unserer Zeit eine nicht unbedeutende Hilfe für die Volksernährung geschaffen werden. Der Bund für Vogelschutz beabsichtigt daher, mit der Regierung wegen eines energisch durchzuführenden Vogelschutzes in Verbindung zu treten. Hoffentlich gelingt es auf diese Weise, die herrlichen Vogelkolonien auf Hiddensee vor dem Untergang zu retten. — Der Vogelzug brachte in diesem Jahr viel interessante Erscheinungen. Außer den regelmäßig in großen Scharen über Hiddensee ziehenden Tringen und Totaniden, beobachtete der Vortragende Stieglitze, Baumpieper, Pirole, den großen und mittleren Buntspecht, Kormoran, Fischadler, Wanderfalk und Rohrweihe, die sich bisher nur selten und ausnahmsweise auf Hiddensee gezeigt haben. Ferner traten Mauersegler und Raubseeschwalben in größerer Anzahl auf. Dagegen fehlten von früher festgestellten Zugvögeln: Gartenrotschwanz, Sprosser, Drossel- und Sumpfrohrsänger, Plattmönch, Hauben- und Blaumeise, Goldhähnchen, Kreuzschnabel, Zeisig, Nachtschwalbe und Sumpfohreule. —

In der Sitzung am 6. Oktober sprach Professor *Thienemann* aus Rossitten über **die Vogelwarte Rossitten** der Deutschen Ornithologischen Gesellschaft. Nach seinen Beobachtungen trifft die in den Tageszeitungen und Fachzeitschriften öfters wiederholte Behauptung, daß der Krieg verändernd auf den Vogelzug eingewirkt habe, nicht zu, wenigstens nicht für die Kurische Nehrung, wo auch in den Kriegsjahren der Vogelzug das gleiche Bild gezeigt hat wie in früherer Zeit. Professor *Thienemann* konnte in diesem Sommer drei neue Brutvögel für Rossitten feststellen: den Ortolan (Emberiza hortulana L.), den Hausrotschwanz (Erithacus titys L.) und den Triel (Oedicnemus oedicnemus L.). Die reichhaltige Liste der über Rossitten wandernden Zugvögel erfuhr durch den Schlangenadler (Circaetus gallicus Gm.), der im Herbst 1918 zum ersten Mal sich zeigte, eine interessante Bereicherung. Das von Professor *Thienemann* erlegte Exemplar steht ausgestopft im Museum der Vogelwarte. Im Frühjahr fanden artilleristische Schießübungen auf der Kurischen Nehrung statt, bei denen meteorologische Messungen ausgeführt wurden. Es ergab sich hierbei das auch für den Vogelzug interessante Resultat, daß häufig schon in Höhen von nur wenig hundert Metern eine bedeutende Temperaturabnahme in Erscheinung tritt; so zeigte z. B. das Thermometer in 300 m Höhe — 6 ° C, während an der Erdoberfläche noch + 4 ° herrschten. Mit Recht wies Professor *Thienemann* darauf hin, daß diese schon in geringen Höhen auftretende Temperaturabnahme es höchst unwahrscheinlich macht, daß die Vögel auf dem Zuge zu Höhen emporsteigen, in denen sie größerer Kälte ausgesetzt sind, während sie in geringerer Entfernung von der Erde sich in Luftschichten mit milder Temperatur aufhalten können. Hierin liegt wohl eine der Ursachen, die die Zugvögel häufig veranlassen, auf dem Zuge niedrig über den Erdboden zu fliegen, wie man es in Rossitten oft wahrnehmen kann.

Der Vortragende machte ferner die traurige Mitteilung, daß die Beobachtungsstation Ulmenhorst, die ca. 6 km von der Ortschaft Rossitten im Dünengelände liegt, von ruchloser Hand zerstört worden ist. Eine Wand des Gebäudes ist zertrümmert, die Inneneinrichtung zerschlagen, die wissenschaftlichen Instrumente sind beschädigt und vernichtet. Es handelt sich offenbar um einen gegen Besitz und Kultur gerichteten bolschewistischen Anschlag. Es besteht die Hoffnung, daß der Vogelwarte Mittel zur Verfügung gestellt werden, diese für die Vogelzugforschung so wichtige Beobachtungsstätte neu zu errichten, so daß die wissenschaftliche Tätigkeit des Instituts, das durch die großartigen Erfolge der Vogelberingung einen Weltruf errungen hat, keine Unterbrechung zu erleiden braucht.

Geheimrat *Heck* machte alsdann einige interessante Mitteilungen aus dem Gebiet der Tierpsychologie und wies zunächst auf die Angabe einer Jagdzeitung hin, daß auf Grund zuverlässiger Beobachtungen der Wanderfalke nicht ausschließlich auf fliegende Vögel Jagd macht, sondern auch sitzende Beute schlägt, woraus hervorgeht, daß **die Gewohnheit des Wanderfalken, im Fluge zu jagen,** kein fest verankerter Instinkt ist. Im Gegensatz hierzu steht die weitere von Geheimrat *Heck* mitgeteilte Beobachtung, daß das Sichdrücken der Rebhühner bei drohender Gefahr ein fest einge-

wurzelter Trieb ist, der reflexmäßig im Vogel ausgelöst wird und eine Art Nervenlähmung hervorruft. So blieben durch das Erscheinen eines Raubvogels erschreckte Rebhühner längere Zeit völlig unbeweglich auf dem Erdboden liegen, so daß sie mit der Hand ergriffen werden konnten. Geheimrat *Heck* berichtete ferner, daß eine junge kaum flügge Straßertaube eine andere junge Taube aus dem Kropf fütterte. Sobald sie selbst von ihren Eltern gefüttert war, kroch sie zum benachbarten Nest, um ihrerseits Nahrung zu spenden. Geheimrat *Heck* meinte, daß man das frühzeitige Erwachen des Futtertriebes vielleicht auf die frühzeitige Reife der Straßertauben zurückführen könne. Dr. *Heinroth* bemerkte hierzu, daß es sich vielleicht nur um einen spielerischen, mit den späteren Lebensaufgaben in Verbindung stehenden Trieb handele, wie er bei ganz jungen Tieren öfters vorkomme. So beschäftigen sich z. B. ganz junge, eben flügge gewordene weibliche Vögel gern damit, kleine Zweige oder Halme im Schnabel umherzutragen, während die Männchen junger Singvögel leise zwitschern. In beiden Fällen handelt es sich um eine spielerische Betätigung, die beim Weibchen an den späteren Nestbau, beim Männchen an den Gesang in der Brunstzeit erinnert. Man kann dies gewissermaßen mit dem Puppenspiel der Mädchen und dem Soldatenspiel der Knaben vergleichen. —

Oberstleutnant *v. Lucanus* teilte mit, daß ein von ihm selbst aufgezogener Baumfalk (Falco subbuteo L.) die im Käfig befindlichen Vögel gar nicht beachtete, während er auf jeden freigelassenen Vogel, sobald dieser durch das Zimmer flog, sofort Jagd machte. Im Unterschied zum Wanderfalken scheint also beim Baumfalken das Jagen im Fluge ein fest verankerter Trieb zu sein, dem der Vogel ganz mechanisch gehorcht und von dem er nicht abweicht. Freilich ist es auch möglich, daß eine verschiedenartige individuelle Veranlagung hierbei eine Rolle spielt. Der Trieb des in der Gefangenschaft aufgezogenen Baumfalken, seine Beute fliegend zu ergreifen, der mit der Lebensgewohnheit der in Freiheit lebenden Artgenossen völlig im Einklang steht, zeigt, daß die jungen Vögel keineswegs des Unterrichts der Alten bedürfen, wie man es gerade bei den Raubvögeln so gern annimmt, sondern daß wohl die meisten Gewohnheiten und Eigenschaften in einem gewissen Alter selbständig erwachen und dann ganz reflektorisch und maschinenmäßig in Erscheinung treten, wofür sich von jung aufgezogenen Vögeln noch zahlreiche andere Beispiele anführen lassen.

In der Sitzung am 3. November hielt Dr. *Heinroth* einen Vortrag über **Beobachtungen an Nest und Ei** und führte folgendes aus: Für die Anhänglichkeit der Vogeleltern an ihre Brut ist im allgemeinen weniger die Vogelart ausschlaggebend, als die Art und Weise der Störung, die die Vögel am Nest erfahren. Schleicht man sich zum Beispiel an ein Entennest heran und greift plötzlich mit der Hand nach der brütenden Ente, so verläßt diese in der Regel für immer ihr Gelege. Nähert man sich aber dem Nest, indem man sich durch Sprechen oder Pfeifen bemerkbar macht, so schleicht sich die Ente von ihrem Nest fort und kehrt später zurück, auch wenn man in der Zwischenzeit allerlei Hantierungen, wie z. B. ein Schieren der Eier, vorgenommen hat. Es ist überhaupt eine Eigentümlichkeit der meisten Vögel, daß sie sich nicht weiter um ihr Nest bekümmern, wenn sie sich nicht auf demselben befinden, auch dann nicht, wenn eine Störung sie vertrieb. Es ist dies jedenfalls ein Zeichen recht geringer Intelligenz. Eine Ausnahme macht der Schwarzhalsschwan, der sein Nest gegen jeden Angriff mutig verteidigt und sofort zum Nest zurückkehrt, wenn er es in seiner Abwesenheit bedroht sieht. Der weiße Storch dagegen verteidigt seinen Horst niemals gegen menschliche Angriffe, was so häufig in der Literatur falsch angegeben wird. Ringeltaube, Hohltaube, Spechte, Meise und Sperlinge sind sehr unempfindlich gegen Neststörungen und eigentlich überhaupt nicht von ihrer Niststätte zu vertreiben. Der Vortragende hat wiederholt Nisthöhlen von Spechten durch Aussägen eines Keiles erweitert, um zu den Eiern oder Jungen zu gelangen. Nach dem Einsetzen des herausgenommenen Keiles wurde die Nisthöhle ohne weiteres von den alten Spechten wieder angenommen. Die Hohltaube läßt sich nicht einmal von der Nisthöhle vertreiben, wenn sie noch kein Gelege hat. — Im allgemeinen sitzen Höhlenbrüter viel fester auf den Eiern oder Jungen als Offenbrüter. Hierin ist offenbar ein zweckmäßiges Schutzmittel zur Erhaltung der Art zu erblicken; denn würde der Vogel bei einer Störung die Nisthöhle verlassen, so würde er seinem Feinde, z. B. dem Marder, direkt in den Rachen fliegen, während er unten in der tiefen Höhlung meist ganz sicher sitzt. Der Offenbrüter handelt dagegen im eigenen Interesse besser, wenn er bei Störungen möglichst frühzeitig das Nest verläßt, um nicht ergriffen zu werden. — Unter den Offenbrütern sind Amsel und Grünling besonders empfindlich gegen Neststörungen. Erstere läßt ihr Gelege in der ersten Brut im April schon bei ganz geringfügiger Störung im Stich, während sie sich in den späteren Bruten etwas standhafter zeigt. Der Grund liegt wohl darin, daß im zeitigen Frühjahr die Neigung, neue Gelege zu machen, stärker ausgeprägt ist. Fast regelmäßig verlassen die meisten Vögel das Nest, wenn ein oder mehrere Eier zerbrochen sind; sie wissen sich dann anscheinend mit dem klebrigen Nestinhalt nicht abzufinden. Ebenso werden auch Offenbrüter durch Fremdkörper im Nest, wie z. B. hereingefallene Taxusblätter oder Tannennadeln dauernd daraus vertrieben. Die Vögel kommen dann nicht auf den doch so nahe liegenden Gedanken, derartige fremde Gegenstände aus dem Nest zu entfernen — ein deutliches Zeichen, wie gering ihre geistigen Fähigkeiten sind. Derselbe Vogel, der Halme im Schnabel zum Nestbau heranträgt, entfernt diese nicht, wenn sie später als Fremdkörper im Nest hinderlich sind!

Die Frage, ob Vögel artfremde Eier annehmen, läßt sich nicht ohne weiteres beantworten. Hier sind noch genauere Untersuchungen und Beobachtungen notwendig. Auch das Kuckucksei scheint keineswegs immer angenommen zu werden. Ein Kuckucksei, das einem Gartensänger (Hypolais) untergelegt wurde, wurde von diesem entfernt. Hierin liegt wohl auch der Grund, weshalb der Gartensänger im allgemeinen nicht zu den Pflegern des Kuckucks gehört. Auch über die Annahme fremder Junge liegen nur wenig Erfahrungen vor. Stockenten, denen man Brautenteneier unterlegte, brüteten diese wohl aus, führten aber nicht die jungen Brautenten, sondern ließen sie sofort nach dem Ausschlüpfen im Stich. Unter den Haushühnern töten die geweckteren Formen, wie Kämpfer und Phönix, artfremde Jungvögel, die sie ausbrüteten, ohne weiteres. Sie betrachten sie offenbar nicht als die ihnen gehörigen Jungen, sondern als irgendwelche Nestfeinde, die sie glauben, bekämpfen zu müssen. Die asiatischen Haushuhnrassen leisten dagegen auch bei jungen Enten, Gänsen oder anderen ferner stehenden Küken gute

Ammendienste. Bei dem Ausbrüten der Eier in der Brutmaschine ergab sich, daß das Öffnen der Eischale durch den Embryo meistens 24 Stunden, bei größeren Arten dagegen 2 Tage oder noch länger dauert. Eine Ausnahme machen die Tauchereier; die jungen Taucher kommen aus, nachdem kaum eine halbe Stunde vorher die erste Pickstelle am Ei erkennbar war. Der Eizahn wird von manchen jungen Vögeln sehr lange, d. h. eine Woche oder darüber getragen; die Schnepfen dagegen werfen ihn schon wenige Stunden nach dem Auskriechen ab. Wahrscheinlich ist der Eizahn hier der Ausbildung der feinen Tasthaut an der Schnabelspitze hinderlich. — Die Ansicht, daß bebrütete Eier gegen schädliche Einflüsse, wie Abkühlung oder Erschütterung, sehr empfindlich sind, ist nicht richtig. Der Vortragende brachte häufig stark bebrütete Eier von seinen Exkursionen mit nach Haus, die dann im Brutapparat sich weiter entwickelten und auskamen. Im Gegensatz zu den angebrüteten Eiern sind frische Eier viel empfindlicher, da durch Erschütterungen leicht Risse in der Dotterhaut entstehen. —

Professor *Neumann* machte darauf aufmerksam, daß bei einzelnen Vogelarten schon die Jugendkleider durch Farbenpracht ausgezeichnet sind. So haben die Jungen von Cinnyris eques einen schönen purpurroten Oberkopf, während die alten Vögel hier einfarbig braun gefärbt sind, dafür aber eine rote Kehle haben. Die Jungen von Dendrocopus major haben in beiden Geschlechtern eine rote Kopfplatte; das alte Männchen hat dagegen nur einen roten Nackenstreif, und dem alten Weibchen fehlt die rote Kopffärbung völlig.

Geheimrat *Reichenow* wies auf die vom Wetterdienstleiter am meteorologischen Observatorium in Essen Dr. *Eckardt* gegebene Anregung hin, die **Wetterdienststellen für Beobachtungen des Vogelzuges** zu interessieren. Oberstleutnant *v. Lucanus* bemerkte hierzu, daß sich die von den Wetterdienststellen auszuführenden Beobachtungen hauptsächlich auf den Zusammenhang zwischen Wetter und Vogelzug erstrecken müßten. *Lucanus* hatte wiederholt Gelegenheit zusammen mit Professor *Thienemann* in Rossitten zu beobachten, daß die Zugvögel das Wetter anscheinend vorausfühlen. Fand trotz klarer Witterung des Morgens kein Vogelzug statt, so erfolgte in der Regel im Laufe des Tages ein Wettersturz, und umgekehrt zogen die Vögel bei Regenwetter sehr gut, wenn nach kurzer Zeit Sonnenschein und klares Wetter eintrat. Oberstleutnant *v. Lucanus* stellte den Antrag, ein Beobachtungsprogramm für die ornithologischen Beobachtungen der Wetterdienststellen aufzustellen.

F. von Lucanus, Berlin.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Fachsitzung am 17. November hielt Herr Dr. *P. Vageler* (Berlin) einen Vortrag über seine **Beobachtungen in Südwest-Angola und im Ambolande.** Er befand sich zu Beginn des Krieges in den Gebirgen Angolas, wo er ungestört arbeiten konnte, und geriet erst im Oktober 1914 in portugiesische Gefangenschaft, aus der er nach Deutsch-Südwestafrika entwich, um später dort in die der Engländer zu geraten. Das in seinem Vortrag behandelte Gebiet erstreckt sich von 15° südlicher Breite im Norden bis zur Etoschapfanne im Süden, und von dieser und dem oberen Kunene im Osten bis zur Küste im Westen.

Dieses Berichtsgebiet gliedert sich von Westen nach Osten in das Küstenvorland, das Stufenland und das Hochland mit den Beckenlandschaften. Das auf den Karten verzeichnete Schellagebirge ist ein reines Phantasieprodukt. Es existiert als geschlossener Gebirgszug überhaupt nicht, vielmehr ist unter dem Namen Schella das ganze Stufenland zu verstehen, da das Wort nur „Gebirge" bedeutet. Die innere Hochfläche bildet ein 1600 bis 1100 Meter hohes Plateau mit kleinen Erhebungen, für welches die Etoschapfanne in einer Meereshöhe von etwa 1000 Metern als Erosionsbasis dient. Die ganze Hochfläche ist als nordwestlicher Ausläufer des Kalaharibeckens zu betrachten, dessen Westrand kleine niedrige Bergzüge bilden. Die Hochfläche wird durch das Bett des Cakulovar, eines rechten Nebenflusses des Kunene, in das kleine und das große Sandfeld geteilt, in denen langgestreckte in NNE-Richtung streichende Sanddünen bis zu 30 Meter Höhe erreichen. Westlich des Kalaharilandes beginnt das Stufenland, das stellenweise bis zum Meere reicht. Die einzelnen Stufen konvergieren nach dem 2100 Meter hohen Hochland von Umpata. Im Norden werden die höchsten Gipfel von dem Grundgebirge gebildet, während im Süden die sedimentären Tafelberge vorherrschen. Den Kern des Angolahochlandes bildet ein Granitmassiv, das in seiner ganzen Länge von einem Stock gabbroider Gesteine durchbrochen wird. Mantelartig um den Granitkern aufgerichtet bis zu einer Steilheit von 75—85 ° finden sich kristallinische Schiefer, meist Gneise. Der Granitkern ist größtenteils von Sedimenten verdeckt, unter denen im Stufenland fossilleere, harte, graue, quarzitische Sandsteine vorherrschen, aus denen auch die meisten Tafelberge bestehen. Im oberen Küstenvorland treten rote und weiße tertiäre Kalke auf, im unteren rezente Alluvionen, die vor allem aus den Deltabildungen der Küstenflüsse bestehen. Im Osten liegt auf dem Granit ein kalkiger, lokal vielfach kalzedonhaltiger, Sandstein und im Südosten, speziell im Ambolande weicher Kalkstein. Als lose Deckschicht tritt in beiden Sandfeldern Dünensand, in den Senken Ton auf. Merkwürdig ist, daß das Grundwasser in diesem Kalkstein nicht in Horizonten, sondern in Adern auftritt, die einen ovalen Querschnitt bis zu einem Meter Durchmesser haben und in drei bis vier verschiedenen Höhen übereinander nach verschiedenen Richtungen hin fließen.

Das Klima ist im ganzen semiarid bis arid, weil die Verdunstung den Niederschlag überwiegt. Das Hochland von Umpata und sein Umland bildet eine humide Klimainsel, bei der Ost die Wetterseite ist. Die Temperaturen entsprechen der geographischen Breite und der Höhenlage, doch werden sie etwas gemäßigt durch die kühle Benguelaströmung an der Küste. Der heißeste Ort ist Humbe an der Einmündung des Cakulovar in den Kunene, dessen Mitteltemperatur mit 30 ° angegeben wird, trotz mehr als 1000 m Meereshöhe.

Alle Flüsse außer dem Kunene sind Saisonflüsse, bei denen völlige Trockenheit mit großen Überschwemmungen abwechseln kann. Sehr wichtig ist die rapide Verringerung des Oberflächen- und Grundwassers. Brunnen, die vor 10 Jahren noch in 1½ m Tiefe Wasser führten, müssen jetzt 18—20 m tief sein. Noch im 16. Jahrhundert gab es große Seen, die jetzt völlig verschwunden sind. Den Grund für diese Austrocknung sieht der Vortragende aber nicht in einer Abnahme der Niederschläge, sondern in erster Linie in einer Anzapfung der obersten Staffel des Stufenlandes und der Hochfläche, in welche die Seebecken eingesenkt sind, durch die rückschreitende Erosion der Küstenflüsse. Für diese Anschauung spricht auch die große Jugend der oberen Teile dieser Flüsse. Umgekehrt ist beim Kunene zweifellos der älteste Teil der Oberlauf, während der Unterlauf mit seinen Stromschnellen einen

ganz jugendlichen Charakter hat. An dem scharfen Knick, wo die Richtung dieses Laufes von Süden nach WSW umbiegt, fließt bei Hochwasser ein großer Teil des Kunenewassers durch 3 große Altläufe „Mulolas" in südlicher Richtung weiter und ergießt sich in die Etoschapfanne. Eine Vertiefung der Sohlen der Mulolas um 1½ m würde voraussichtlich bereits genügen, um auch bei Niedrigwasser den Kunene nach der Etoschapfanne weiter zu leiten.

Die Pflanzenwelt ist im Küstenvorland wüstenhaft und geht dann durch die Wüstensteppe in reine Steppe über. An den Flußläufen herrscht Galeriewald vor, während die Hauptformation des ganzen Gebietes der Trockenwald bildet. Östlich des Kunene geht dieser teilweise direkt in Urwald über.

Das Amboland ist auch heute noch reich an Antilopen, Leoparden und Löwen, und im Kaokofeld kommen auch noch Giraffen und Dickhäuter vor. Südangola war, bevor die Buren hier verheerend unter dem Tierbestand gewirkt hatten, ein Wildparadies, heute ist es fast wildleer. Der Kunene jedoch ist auch jetzt noch ein ornithologisches Museum ersten Ranges, in dem sich die ganze Vogelwelt der Tropen und Subtropen in unerreichter Artenzahl ein Stelldichein gibt.

Den wichtigsten Teil der Bevölkerung des Ambolandes bilden die Ovambo. In Angola dagegen wohnen im Norden die Ovananjeka, ein Bantustamm, der an die Wagogo in Ostafrika erinnert. Seine südlichen Nachbarn sind die Mandimba, die den Wanjamwesi ähneln, aber nach Sprache, dem Auftreten der Hottentottenschürze der Frauen usw. kaum reine Bantu sind. Sie sind fleißige Ackerbauer und ihr Gebiet bildet die Kornkammer von Angola. Südlich von ihnen wohnen die Ovaschimba. Außer ihnen kommen im Stufenlande und auf den zahlreichen Inseln des Kunene vereinzelte kleine Flüchtlingsstämme vor, die zum Teil eigenartige Trachten haben. Ein Versammlungsort, an dem in der Trockenzeit die verschiedenen Völkerstämme zusammenströmen, ist der Bergkessel von Pokollo wegen seines Wasservorrates. *O. B.*

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die wahre Neigung von Flugzeugen. Mitteilung aus der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt. (Der Motorwagen Heft 28 vom 10. Oktober 1919, S. 531/33.) Für den Flieger wäre es, vor allem bei Nacht und bei Nebel, von großem Wert, die wahre Neigung seines Flugzeuges zu kennen. Die üblichen *Neigungsmesser*, wie flüssigkeitgefüllte U-Rohre, Kugeln in ringförmigen Rinnen u. dgl., der menschliche Gleichgewichtssinn (statisches Organ und Druckgefühl) nicht ausgenommen, sind aber sämtlich eine Art *Pendel* und stellen sich daher stets in die Resultierende zwischen Schwere und Trägheitskräften[1]). Daher müssen vor allem die Querneigungsmesser unter Einfluß der Fliehbeschleunigung eine zwar für die Schräglage im Kurvenflug ungefähr zutreffende, mit Bezug auf die Erde jedoch falsche Anzeige liefern. Sie gestatten daher, wenn andere Anhaltspunkte fehlen, nicht zu unterscheiden, ob man in ungestörter wagerechter Stellung geradeaus fliegt oder richtig „in der Kurve liegt".

1) Eine Sonderbauart, bei der der Auftreffpunkt fallender Körper (Wassertropfen) die Neigung anzeigen soll, steht unter dem Einfluß der Schwere und der Geschwindigkeitsänderungen, integriert also über die Resultierenden während der Fallzeit.

Dieser Mangel hat während des Krieges manchen Flieger, vor allem beim Durchstoßen von Wolken- und Nebelschichten von einiger Mächtigkeit, in Gefahr gebracht. Man hat versucht, dem Übel durch Geräte abzuhelfen, die die Schwere aus der Gesamtkraft herauslösen und damit die wahre Neigung anzeigen. Man kann jedoch in jedem Einzelfalle und auch allgemein leicht nachweisen, daß ein solches Gerät *ebenso unmöglich ist, wie ein „perpetuum mobile"*. Denn träge und schwere Masse sind gleich; Schwerkraft und Trägheitskräfte wirken stets gemeinsam und gleichartig. Diese Erkenntnis scheint dem, der sich mit Mechanik befaßt hat, selbstverständlich, sie ist aber, wie die Erfahrung beim Begutachten derartiger Erfindungen zeigt, noch keineswegs allgemein verbreitet.

Auch das *Kreiselpendel* als Neigungsmesser bildet nur eine scheinbare Ausnahme, es unterliegt mitsamt seiner Dämpfung ebenfalls nicht der Schwerewirkung allein, sondern dem Einfluß der Mittelkraft und behält nur infolge seiner Trägheit eine Zeitlang die wahre Schwererichtung bei, wenn eine Störung erfolgt. Der oberhalb seines Schwerpunktes aufgehängte Kreisel ist eben ein Pendel, dessen Schwingungsdauer künstlich stark vergrößert ist. Er muß in gewissen Fällen gänzlich versagen.

Dennoch kann der Flieger der Natur das Geheimnis der wahren Neigung ablisten, wenn er mit anderen Geräten bestimmt, ob er eine Kurve beschreibt, nach welcher Seite und mit welchem Halbmesser. Einen solchen *„Kurvenmesser"* liefert entweder ein Kreisel mit wagerechter Achse, der auf jede Drehung um die Hochachse des Flugzeuges mit einer Ausweichung nach oben antwortet und dadurch einen Zeiger gegen eine Federkraft verstellt, oder zwei empfindliche Staudruck-Geschwindigkeitsmesser an den beiden Flügelenden, die in der Kurve verschiedene Drücke meßbar anzeigen. Mit einem solchen Gerät in Verbindung mit einem gewöhnlichen Neigungsmesser kann man sich auch ohne Sicht der Erde ein zuverlässiges Urteil über die wahre Fluglage bilden. *Autoreferat.*

Das Kryptophon, ein Mittel zur Geheimhaltung von Telephongesprächen. Eine Fernsprechanordnung, bei der das Mithören längs der Leitung unmöglich ist, gewährleistet eine Geheimhaltung der geführten Gespräche. Man kann diesen Zweck durch Verwendung verabredeter Sprachen oder durch Veränderung des Telephonstromes auf der Leitung erreichen. Da die im Telephon wiedergegebene Sprache von der Kurvenform des Stromes abhängt, wird eine Änderung der Kurvenform eine Verzerrung der Sprache bedingen. Wenn man den Telephonstrom viele hundert Male in der Sekunde unterbricht, wird die Sprache noch nicht unverständlich, sondern nur undeutlich; dabei fehlt aber ein Mittel, beim Empfänger den ursprünglichen, unzerhackten Strom und damit die ursprüngliche Sprache wiederherzustellen. Dagegen haben Versuche zur *Verzerrung der Kurvenform durch periodische Kommutierung* zum Ziel geführt. Dabei wird während einer bestimmten Zeitdauer die Stromrichtung umgekehrt, die gleiche Zeitdauer geht der Strom normal durch die Leitungen, dann wird er wieder kommutiert usf. Je höher die Kommutierungsfrequenz wird, desto unverständlicher wird die Sprache. Am Empfangsort läßt sich mit einem Kommutator, der mit demjenigen am Sendeort synchron läuft, der verzerrte Strom in seine ursprüngliche Form zurück verwandeln. Dort hört man also die gesprochenen Worte in ihren natür-

lichen Lauten. Wenn man jedoch an einem Punkte der Fernleitung ein Telephon einschaltet, so hört man wohl, daß gesprochen wird, aber einzelne Worte kann man nicht verstehen; man glaubt eine ganz fremde Sprache zu hören, da jedes einzelne Wort längs der Leitung ganz anders lautet als am Sende- und Empfangsort. So wird z. B. bei einer Kommutierungsfrequenz von 3340 pro Sekunde aus dem Worte: „Hallo" das Wort: „Oya" und umgekehrt. Diese Erfahrungen hat man bei der Kryptophon genannten Einrichtung benutzt. Die Schwierigkeiten, die durch zwei völlig synchron laufende Kommutatoren in die Erscheinung treten, hat man überwunden, denn ein niederperiodiger Wechselstrom von etwa 1 Milliampère Stromstärke reicht zur Synchronisierung. Nach Angaben von *E. Poisson* in den *Comptes Rendus 169*, 1919, dient als Leitung für ihn der eine Telephondraht, während die Rückleitung durch die Erde erfolgt. Als Beweis dafür, daß die Synchronisiervorrichtung auch auf große Entfernungen gut funktioniert, wird angegeben, daß Fernsprecheinrichtungen dieser Art zur Führung geheimzuhaltender Telephongespräche auf Entfernungen bis zu 600 km in praktischer Benutzung gewesen sind. *L.*

Die Eisenerze Spitzbergens. In der Royal Geographical Society zu London kam es nach einem Vortrage des bekannten Reisenden *Martin Conway* über Spitzbergen zu einer lebhaften Aussprache, in der auch auf die reichen Mineralschätze der Inselgruppe hingewiesen wurde. Dies veranlaßte den Direktor der Geological Survey, *Aubrey Strahan*, ein Gutachten über diese Frage auszuarbeiten, in dem er u. a. auch auf die Eisenerzvorkommen Bezug nahm[1]). Er wies darauf hin, daß die Eisenerze Spitzbergens in dem großen Werk des 11. Internationalen Geologenkongresses[2]) keine Berücksichtigung erfahren hätten, daß aber nach anderen Berichten, wie z. B. demjenigen von *G. C. Lloyd*[3]), die Beschaffenheit der dortigen Eisenerzlager einen Abbau nicht lohnen würde. Die Erzlager enthielten nur 10—20 % Eisen, und dazu kämen noch die Nachteile, welche durch die Eisverhältnisse, den Mangel an Rückfracht für die Schiffe und andere Schwierigkeiten bedingt seien. Dieses pessimistische Gutachten *Strahans* hat jedoch eine Zurückweisung durch den Vorsitzenden der Northern Exploration Company *Fred L. Davis* erfahren[4]), der vor allem bestreitet, daß die von englischen Experten beschriebenen Eisenerzlager nur 10—20 % Eisen enthalten sollen. Die Analysen vier verschiedener, von seiner Gesellschaft im Herbst 1918 heimgebrachten Erzproben hätten vielmehr Eisengehalte von 59,0, 65,8, 66,9 und 68,2 % ergeben, und diese Analysen ständen im vollen Einklang mit früher erhaltenen Resultaten. *O. B.*

Die Vulkan-Katastrophe des Kloet auf Java. Der 1730 m hohe Kloetvulkan, in der Provinz Kediri auf der Osthälfte der Insel Java, südlich von Soerabaja in 8 ° Süd zwischen 112 ° und 113 ° Ost gelegen, ist im Mai 1919 wieder in ein aktives Stadium getreten, wie schon öfter im Laufe der letzten Jahrzehnte. Diesmal jedoch hat der Ausbruch zu einer besonders verheerenden Katastrophe geführt. Im Innern des Kraters befindet sich ein großer See, der zuerst durch *J. Homan van der Heide* in den Jahren 1900, 1901 und 1903 eingehend erforscht worden ist. Er hat eine ausführliche Beschreibung und Abbildung des Kraters, wie des kochenden Sees in demselben gegeben[1]), der Millionen von Kubikmetern Wasser enthalten mag und aus dem sich ein wasserreicher Sturzbach ergießt. Es bestand damals die Absicht, den See gegebenenfalls für Bewässerungszwecke nutzbar zu machen. Diese Pläne und alle darauf hinzielenden Arbeiten sind jetzt zunichte gemacht worden, wie ein Bericht über den letzten Ausbruch erkennen läßt[2]). Ganz besonders hat die in der Nähe des Vulkans gelegene Stadt Blitar gelitten. Regierungspalast, Bank, Gefängnis, Hospital und viele andere große Gebäude, dazu das ganze Wohnviertel der zahlreichen Chinesen-Bevölkerung sind völlig vom Erdboden verschwunden. Im Staate Srengat allein wurden 20 Dörfer vollständig und viele andere teilweise vernichtet und die Verwüstungen erstreckten sich noch auf die Staaten Panataran, Petveng-Kobong, Djaboeng, Banaran, Sengan, Rini, Herrahkintjing, Tjandi-Sewoe, Karangredjo, Karang-Angar, Swarne und Boelo-Roto. Die Eisenbahnlinie von Taloen nach Redjotagan ist auf der Strecke zwischen Blitar und Wlingi auf eine Länge von 21 Kilometern zerstört und zahlreiche Dämme, die zu Bewässerungszwecken dienten, sind mehr oder weniger stark beschädigt worden, so daß die Bewässerungsanlagen nicht mehr funktionieren, wodurch namentlich der Anbau von Reis stark beeinträchtigt wird. Schließlich hat auch ein Regen von vulkanischer Asche, der sich über weite Gebiete erstreckte, die Reiskulturen und Tabakpflanzungen verwüstet und damit die Haupteinnahmequellen des Landes lahmgelegt. Ganz besonders schwer ist diesmal der Verlust an Menschenleben gewesen, denn schätzungsweise sind 15 000 bis 20 000 Personen durch die Katastrophe getötet worden. *O. B.*

Schneegrenzen und Vergletscherungsgrenze. Als Schneegrenze wird in der geographischen Literatur jene Linie oder Zone bezeichnet, welche das mit Schnee bedeckte Land von dem schneefreien trennt. Man unterscheidet dabei einmal die *temporäre* Schneegrenze, welche die Schneebedeckung zu einem *bestimmten Zeitpunkt* angibt und somit großen Verschiebungen im Laufe der Jahreszeiten ausgesetzt ist.

Jene Linie, bis zu welcher im Sommer die temporäre Schneegrenze zurückweicht, die also die Grenze des zusammenhängenden Gebietes *ewigen Schnees* angibt, ist die meist ohne Eigenschaftswort, lediglich als Schneegrenze bezeichnete *wirkliche* Schneegrenze. Sie tritt in den Tropen und gemäßigten Breiten natürlich nur in Gebirgsländern auf, während sie in den Polargebieten sich dem Meeresspiegel nähert und ihn auch stellenweise erreicht.

Eine Linie, welche die einzelnen, isolierten Schneeflecken, die sich infolge ihrer günstigen Lage auch den Sommer über erhalten, mit umfaßt, nennt man die *orographische* Schneegrenze.

Zwischen ihr und der wirklichen Schneegrenze liegt dann die mittlere *klimatische* Schneegrenze als die Ver-

---

[1]) The Geographical Journal, London 1919, Vol. *53*, S. 95—96.

[2]) The Iron Ore Resources of the World, Stockholm 1910.

[3]) On the sources and production of iron and other metalliferous ores used in the iron and steel industry. Department of Scientific and Industrial Research, 1917. 2nd Ed. 1918.

[4]) The Geographical Journal, London 1919, Vol. *53*, S. 207—208.

[1]) Aanteekeningen betreffende het kratermeer op de Kloet in verband met de uitbarsting op 23 mei 1901 door *J. Homan van der Heide*. Tijdschrift van het Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap, Leiden 1904, Tweede Serie, Deel XXI, S. 203—226. Mit 4 Tafeln.

[2]) La Géographie, Paris, 1919, Tome XXXII. S. 422. — The London and China Telegraph, 23. Juni 1919.

bindungslinie aller Punkte, in denen bei horizontaler, nicht beschatteter Fläche die Schneedecke sich während des Sommers eben noch zu erhalten vermag. Sie ist natürlich eine theoretische Konstruktion und wird in der Natur im allgemeinen nicht unmittelbar zu beobachten sein.

Diesen verschiedenen Grenzen hat neuerdings *F. Enquist* den Begriff der *Vergletscherungsgrenze* hinzugefügt[1]). Er geht davon aus, daß ein Berg, auf dem es zur Ausbildung von Gletschern kommt, über eine gewisse Grenze hinausragen muß, oberhalb deren mehr Schnee niederfällt als schmilzt. Berge, die unterhalb dieser Höhe bleiben, können deshalb keine Gletscher tragen. Die so definierte Grenzhöhe nennt er Vergletscherungsgrenze, weil sie die untere Grenze für die Ausbildungsmöglichkeit von Gletschern bildet. Sie ist nicht als eine in der Natur beobachtbare Grenze ausgebildet und kann deshalb, ebenso wie die klimatische Schneegrenze, nur durch ein Konstruktionsverfahren bestimmt werden. *Enquist* hat dies für verschiedene Gebiete durchgeführt und festgestellt, daß die Vergletscherungsgrenze im allgemeinen einige hundert Meter höher liegt als die klimatische Schneegrenze. In der Schweiz erreicht sie eine Maximalhöhe von 3400 m in der Monte-Rosa-Gruppe. *O. B.*

Astronomische Mitteilungen.

Die Sterne vom Typus R Coronae borealis, deren Zahl bisher noch sehr gering ist, gehören zu den merkwürdigsten unter den Veränderlichen. Ihre Helligkeit hat eine obere Grenze, die dem normalen, ungestörten Zustande der Veränderlichen zu entsprechen scheint, denn in ihr verharrt er die meiste Zeit, oft jahrelang. Unvermittelt beginnt dann die Helligkeit abzunehmen und zuweilen unter heftigen Schwankungen, zuweilen auch unter gleichmäßigem Fortschreiten ein Minimum zu durchlaufen, dessen Tiefe von Fall zu Fall verschieden ist, um dann allmählich wieder ihren normalen Betrag zu erreichen. Bei R Coronae borealis, dem Prototyp der Klasse, schwankt die Tiefe der Minima zwischen einer und neun Größenklassen. Eine Periodizität der Erscheinungen ist bisher bei keinem dieser Sterne erkannt worden. Das Spektrum, soweit bekannt, ist stark abweichend von der normalen Serie, scheint aber in seinem allgemeinen Charakter dem Sonnentypus nahe zu stehen. Bei R Coronae sind die Wasserstofflinien für gewöhnlich unsichtbar, d. h, weder als Absorptions- noch als Emissionslinien zu erkennen; zuweilen treten helle Linien auf. Auch bei R Y Sagittarii, einem anderen Vertreter dieser Klasse, treten helle Linien auf. Die Spektren scheinen veränderlich zu sein. Die beobachteten Erscheinungen lassen die Deutung zu, daß zwischen den Stern und uns zu Zeiten absorbierende kosmische Massen treten, die, wie die spektralen Eigentümlichkeiten dieser Veränderlichen zeigen, mit diesen in irgendeinem physischen Zusammenhang stehen müssen. In Astr. Nachr. 5010 weist *Ludendorff* auf eine Reihe von Veränderlichen hin, die nach seinen Untersuchungen des Lichtwechsels und des Spektrums außer den bereits bekannten Vertretern der Klasse dieser wahrscheinlich zuzurechnen sind. Die Spektren derselben, soweit sie bekannt sind, stehen teils den normalen Klassen F, F_5, G und K (F = Typus I—II, G = II, K = II—III) nahe, weisen jedoch einzelne helle Linien auf, teils ähneln sie dem Novaspektrum in früherem oder späterem Stadium. Da ferner einige der Sterne in Nebelflecken liegen und man nach *Seeliger* auch bei den Neuen Sternen einen engen Zusammenhang mit Nebeln annimmt, so denkt *Ludendorff* an eine nahe Verwandtschaft der R Coronae-Sterne mit den Neuen Sternen.

Farbenempfindlichkeit lichtelektrischer Zellen (*Shinomiya*, Astrophys. Journ. *49*, 303). Die acht untersuchten Zellen waren Na-, K- und Rb-Zellen, teils kolloidal, teils nicht kolloidal. Die Methode der Untersuchung mit einem kontinuierlichen Spektrum war die übliche, die Messung der Energie des erregenden Lichtes erfolgte durch ein Thermoelement usw. Gemessen wurde an 24—27 Stellen des Spektrums zwischen 680 μμ und 425 μμ. Das Empfindlichkeitsmaximum der verschiedenen Zellen bei mäßiger Spannung ergab sich wie folgt:

Zelle	K-H Nr. 1	K-H Nr. 2	K-H Nr. 3	K
λ_{max} (μμ)	446	449	448	437

Na	Na-H	Rb	Rb-H
439 (!)	430 (!)	478	468

Die *kolloidalen Kaliumzellen* hatten also ihr Empfindlichkeitsmaximum bei einer *größeren* Wellenlänge als die reine K-Zelle. Die Empfindlichkeitskurve der letzteren war flacher als die der ersteren. Gerade *umgekehrt* in *beiden* Beziehungen verhielten sich die Na- und Rb-Zellen. Dies alles sowie die sehr auffallende Lage des Empfindlichkeitsmaximums der Na-Zellen bedarf weiterer Prüfung.

Im Astrophys. Journal *49*, 344, veröffentlichen *Stebbins* und *Dershem* das **Ergebnis lichtelektrischer Messungen an der Nova Aquilae Nr. 3,** die sich von 1918 Juni 9 bis Dezember 10 erstrecken. Die benutzte Zelle war eine Kaliumzelle, die erhaltenen Helligkeiten demnach sehr nahe photographische. Um nicht zu große Helligkeitsunterschiede messen zu müssen, wurden zur Abschwächung des helleren der miteinander verglichenen Sterne Neutralgläser benutzt, deren Absorptionswerte bestimmt wurden. Wie zu erwarten, wurden die letzteren vom Spektraltypus oder der Farbe der Sterne abhängig gefunden, woraus die Verfasser schließen, daß stark gefärbte Gläser zu einer quantitativen Methode der Bestimmung der Sternspektren verwandt werden könnten[1]). Die größte von den Verfassern gemessene Helligkeit der Nova war am 9. Juni, um $18{,}9^h$ mittl. Zeit Greenwich gleich der Sterngröße $-0{,}50^m$; die Messung erfolgte jedoch unter sehr ungünstigen Umständen (zwischen Wolken). Ebenfalls unter sehr ungünstigen Verhältnissen wurde in Babelsberg am 9. Juni $11{,}7^h$ m. Zt. Gr. lichtelektrisch die Helligkeit $-0{,}55^m$, bezogen auf dasselbe Helligkeitssystem, erhalten. Das Maximum der photographischen Helligkeit war also jedenfalls nicht weit von der Sterngröße $-0{,}5^m$ bis $-0{,}6^m$. Vergleichsweise beträgt die Sterngröße des Sirius $-1{,}58^m$, der Wega $+0{,}14^m$. Schnelle Helligkeitsänderungen der Nova im Verlauf von wenigen Stunden wurden von den Verfassern ebensowenig wie hier festgestellt. *Guthnick.*

1) Der Einfluß des Windes auf die Verteilung der Gletscher. Von *Fredrik Enquist*. Bulletin of the Geological Institution of the University of Upsala, Upsala 1917, Vol. *14*, S. 1—108. Mit 4 Tafeln.

1) In Babelsberg werden gelb (oder blau) gefärbte Gläser zur lichtelektrischen Bestimmung des Farbenindex oder Spektraltypus seit längerer Zeit und in ausgedehntem Maße mit gutem Erfolg benutzt.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 3. (Seite 41—59) **16. Januar 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Die Exkretion und ihre Bedeutung im Leben der Pflanze. Von *Karl Gerhardt, Jena.* S. 41.

Die Bildentstehung auf der photographischen Platte. Von *Lüppo-Cramer, Frankfurt a. M.* S. 43.

Die physikalischen Voraussetzungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Von *Hans Reichenbach, Berlin-Lichterfelde.* (Mit 2 Abbildungen.) S. 46.

Besprechungen:

Brockmann-Jerosch, H., Baumgrenze und Klimacharakter. Von *E. Ulbrich, Berlin-Dahlem.* S. 55.

Hegi, G., Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Von *E. Ulbrich, Berlin-Dahlem.* S. 56.

Hegi, G., Alpenflora. Von *E. Ulbrich, Berlin-Dahlem.* S. 57.

Neger, F. W., Die Krankheiten unserer Waldbäume und wichtigsten Gartengehölze. Von *E. Küster, Bonn.* S. 57.

Roth, August, Die Vegetation des Walenseegebiets. Von *L. Diels, Berlin-Dahlem.* S. 57.

Zuschriften an die Herausgeber:

Die Elektronenanordnung in den Elementen der großen Perioden. Von *R. Ladenburg, Breslau.* S. 57.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Zur Wirtschaftsgeographie Italiens. Brasilien vor dem Kriege. Grönland. Deutsch-Österreich. Raumbildmeßgeräte für stereoskopische Röntgenaufnahmen. Benennung des optischen Glases. Ablenkung eines außerhalb des Prismenhauptabschnittes verlaufenden Strahles. Der Thermooszillator. Einfluß der elastischen Aufbiegung der Balance einer Unruh auf die Schwingungsdauer. Die Erkrankung der Zimmerpflanzen. Pflanzenbilder im Tempel von Karnak (Theben). S. 57—59.

Berichte gelehrter Gesellschaften:

Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften. S. 59.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.

Binokulares Mikroskop mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren

Mikrophotographische und Projektionsapparate

Mikrotome, Lupen und Lupenmikroskope ❖ Prismenfernrohre.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 12.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.20.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser, Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Bernstein-Sammlungen

mit Belegstücken über das Vorkommen, die Entstehung und die Verwendung von Bernstein, sowie einzelne Stücke mit tierischen und pflanzlichen Einschlüssen liefern

Staatliche Bernsteinwerke
Königsberg i. Pr.
(152

Lichtbilder
für Projektion
aus allen Gebieten der Wissenschaft, Kunst, Völkerkunde etc.

Projektionsapparate
A. Krüss
Optisch-Mechanische Werkstätten
Inhaber: Prof. Dr. **Hugo Krüss,**
Hamburg 11.

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang | *Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.*
Berlin | *Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche*
Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

Insektenkunde von Prof. Kolbe. M 14.—, geb. M 15.50
Blütenbiologie von Prof. Löwe. M 6.—, geb. M 7.—
(Teuerungszuschlag 50%.) (180)
Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin S. W. 68.

Die Naturwissenschaften
1915, 1916
zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 167** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (167

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Ingenieur-Kalender: 1920
für Maschinen- und Hütten-Ingenieure

Herausgegeben von
Oberbaurat **Fr. Freytag,** Professor i. R.

42. Jahrgang. Zwei Teile

Mit über 400 Textfiguren und vielen Zahlentafeln

I. Teil gebunden, II. Teil geheftet. Preis zus. M. 6.60

Hierzu Teuerungszuschlag

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. **16. Januar 1920.** **Heft 3.**

Die Exkretion und ihre Bedeutung im Leben der Pflanze.

Von Karl Gerhardt, Jena.

Die Frage nach der Bedeutung des in pflanzlichen Geweben häufig und in mancherlei Gestalt — als Kristallsand, Oktaeder, Drusen, Spieße und Nadeln (letztere auch als Raphiden bezeichnet) — auftretenden oxalsauren Kalkes hat bis in die neueste Zeit namhafte Botaniker beschäftigt. Nachdem festgestellt war, daß er als ein Endprodukt (Exkret), das nicht mehr in den Stoffwechsel bezogen wird, anzusehen sei, spitzte sich das Problem auf die Frage zu, ob es sich bei dieser Ausschaltung um eine Entfernung der Oxalsäure oder des Calciums handelte. Auch hier ist heute, namentlich durch die Untersuchungen von *Benecke*[1]), *Amar*[2]) und neuerdings von *Stahl*[3]) die Entscheidung gefallen: die *Oxalsäure,* die im allgemeinen als schnell wieder verschwindendes Durchgangsprodukt bei der Atmung, nach anderer Auffassung auch der Assimilation, auftritt, *wird regulatorisch gebildet zur Beseitigung des im Stoffwechsel überschüssigen und dann hinderlichen Calciums.* Diese wichtige Erkenntnis wirft zugleich ein neues Licht auf eine andere, nicht seltene Erscheinung: die *Guttation.*

Besonders nach warmen Nächten beobachtet man leicht an den Blattspitzen der Gräser, den Blattzähnchen der Erdbeere kleine Tropfen. Streift man sie ab, so erscheinen sie schon nach wenigen Minuten wieder, während sich an abgestorbenen Spitzen keine neue Flüssigkeit niederschlägt: Die Tropfen verdanken ihre Entstehung nicht dem Tau, sondern sie sind eine aktive Ausscheidung der betreffenden Pflanzen. Außer an den erwähnten Beispielen ist diese Erscheinung, die Guttation, besonders leicht bei Schachtelhalmen, Cyperngräsern, Brennesseln, Fuchsien, Kapuzinerkresse (Tropaeolum) und dem Springkraut (Impatiens) zu beobachten. Sie wird durch besondere Organe, Wasserspalten und Wasserdrüsen, vermittelt. Da sie einen starken Wassergehalt im Organismus zur Voraussetzung hat — der Wurzeldruck muß positiv sein —, ist es erklärlich, daß die Pflanze bei gehemmter Transpiration am lebhaftesten ausscheidet.

Über ihre Bedeutung sind die verschiedensten Ansichten geäußert worden. Da es sich nach früheren Untersuchungen, von Ausnahmen abgesehen, um — gegenüber der Transpiration — geringe Wassermengen handelte, die durch die flüssige Ausscheidung bewegt würden, glaubte man ihre Bedeutung für die Erhöhung des Wasserstroms in der Pflanze einerseits, dann aber auch für die Entsalzung des Organismus gering anschlagen zu sollen und suchte, meist wenig glücklich, nach anderen Aufgaben. Man sah sie in der Verhütung der Infiltration des Durchlüftungssystems mit Wasser, eine Ansicht, die von *Lepeschkin*[1]) widerlegt werden konnte. Bei Wüstenpflanzen infolge von Ausscheidung auftretende Salzkrusten glaubte *Volkens*[2]) als eine Anpassung zur Kondensation von Tau und Nebel nachweisen zu können, fand aber mit dieser Erklärung bei *Neger*[3]) berechtigten Widerspruch.

Demgegenüber kehrt *Stahl*[4]) auf Grund äußerst feinsinniger Beobachtungen zu der zuerst angekündigten Auffassung zurück: Das rasche und üppige Wachstum von Farnen, Schachtelhalmen, Gräsern, des Springkrauts und des Hollunders, ihr reiches Blühen und Fruchten auch an den feuchtesten und schattigsten Stellen der Wälder, also unter Bedingungen, die der Nährsalz liefernden Transpiration sehr abträglich sind, ist eigentlich erst begreiflich durch ihre Fähigkeit, Wasser auszuscheiden, und damit die zu versiegen drohende Wasserdurchströmung neu zu beleben. Ebenso deutlich sprechen dafür Beobachtungen an einer kleinen Gruppe von an trockenen Rainen und Wegrändern, auf sandigen Äckern und Triften, mit Erde bedeckten Felsen und Mauern lebenden Zwergpflanzen, wie Saxifraga tridactylites, der Spurre (Holosteum umbellatum), Arten der Gattung Cerastium, Veronica, Erophila u. m. a. Die Vegetation dieser Kräuter beginnt nämlich im Herbst, wird in milden Wintern nur durch Frostzeiten unterbrochen und gelangt bereits im Frühjahr mit der Samenreife zum Abschluß, wenn die Sonne ihren Standort auszutrocknen beginnt. Alle diese Pflänzchen scheiden bei nicht zu tiefer Temperatur — *Stahl* beobachtete Ausscheidung an Geranium pyrenaicum noch bei einer Bodentemperatur von 0,5—1,1° C — und feuchter Witterung kräftig aus und unterhalten so zu einer Zeit, wo die Transpiration wegen der Luftfeuchtigkeit und niedrigen Temperatur fast still steht,

[1]) *W. Benecke,* Über Oxalsäure Bildung in grünen Pflanzen. Bot. Zeitung 1903.

[2]) *Amar, M.,* Sur le rôle de l'oxalate de Calcium dans la mutrition des végétaux. Thèse, Paris 1904.

[3]) *E. Stahl,* Zur Physiologie und Biologie der Exkrete. Flora 1919, Heft I.

[1]) *Lepeschkin,* Die Bedeutung der Wasser absondernden Organe für die Pflanzen. Flora 1902.

[2]) *Volkens,* Die Flora der ägyptisch-arabischen Wüste auf Grundlage anatomisch-physiologischer Forschungen, Berlin 1887.

[3]) *Neger,* Biologie der Pflanzen, Stuttgart 1913.

[4]) *Stahl,* a. a. O.

eine lebhafte Wasserdurchströmung. — Das Hauptgewicht legt aber doch *Stahl* — wir wiesen eingangs darauf hin — auf ein anderes Moment: *mit dem Guttationswasser entledigt sich die Pflanze im Überschuß aufgenommener Salze.*

Wo die Ausscheidung, wie bei gewissen Steinbrecharten sowie einer Anzahl Wüsten- und Salzpflanzen, zur Ausbildung einer regelrechten Salzkruste führt, ist ihre Bedeutung für die Entsalzung des Organismus schon früher (*Haberlandt, Neger*) in Erwägung gezogen. Aber auch da, wo die Analyse scheinbar nur geringe Salzmengen im Exkret feststellt — *Stahl* gibt als Zahlen u. a. für die Bohne 0,5 %, den Tabak 0,1 %, die Platterbse 1,5 % Salz in der ausgeschiedenen Flüssigkeit an —, muß die Überlegung, daß die Ausscheidung in frühester Jugend beginnt und sich auf lange Zeiträume erstreckt, doch zu der Einsicht führen, daß die Gesamtmenge der ausgeschiedenen Salze den Aschengehalt der betr. Pflanze nicht nur erreichen, sondern vielleicht sogar übertreffen kann.

Ist diese Auffassung richtig, so muß Unterdrückung der Ausscheidung überall da eine Schädigung des Organismus zur Folge haben, wo die Salze nicht noch auf andere Weise beseitigt werden können. In der Tat ist es *Stahl* gelungen, diesen Nachweis zu führen. Durch Kultur in trockener Zimmerluft konnten Versuchspflanzen (Springkraut, Erdbeere, Schachtelhalme u. v. a.) an der Ausscheidung verhindert werden. Trotz ausreichender Wasser- und Nahrungszufuhr bei guter Belichtung erkrankten dabei die Pflanzen, indem zunächst die Blattränder braun wurden, dann die Blätter ganz abstarben, bis schließlich die Pflanze, zuweilen schon nach wenigen Tagen, einging[1]).

Worauf die Schädigung im besonderen zurückzuführen ist, läßt sich einstweilen noch nicht sicher sagen. Es wäre zu denken an Änderungen des osmotischen Druckes in den Zellen oder an direkte Plasmavergiftung. Bei Equisetum beobachtete Verjauchung der ganzen Pflanze — Verfasser fand sie unter etwas anderen Versuchsbedingungen auch bei Phaseolus — macht die letztere Ursache wahrscheinlicher.

Die so geknüpfte Beziehung zwischen Ca-Oxalatbildung und Guttation gibt nunmehr Einsicht in manche physiologische Eigentümlichkeiten, für deren Erklärung und Eingruppierung bisher die nötigen Unterlagen fehlten. So wird jetzt das vollkommene oder teilweise Fehlen von Ca-Oxalat in manchen Pflanzenfamilien wie bei den Moosen, Farnen, Schachtelhalmen, bei den meisten Gräsern und Cyperngräsern, unter den Dikotylen u. a. in den Familien der Kreuzblütler, Mohn- und Glockenblumengewächse dadurch begreiflich, daß diese alle durch reichliche Ausscheidung ausgezeichnet sind und somit das Ca im Guttationswasser entfernen können. — Umgekehrt wird das Fehlen der Guttation durch die Fähigkeit, Ca-Oxalat zu bilden, ersetzt. — Wo beides fehlt, sind besondere Maßnahmen getroffen, die schädliche Salzanhäufung zu verhindern. Wolfsmilchgewächse, Liliaceen, Amaryllideen und manche andere besitzen Milchröhren, Milchgefäße bzw. Saftschläuche, für die *Onken*[1]) und *Ziegenspeck* nachweisen konnten, daß in ihnen die Exkrete abgelagert werden können. Bei einer Reihe von Mykotrophen[2]) darf vielleicht angenommen werden, daß ihre besondere Ernährungsweise eine im Überschuß erfolgende Aufnahme von Nährsalzen überhaupt verhindert.

Andererseits schließen nun Oxalatbildung und -ausscheidung keineswegs einander aus. Eine bemerkenswerte Ausnahme bilden z. B. die Rhapiden (Ca-Oxalatnadeln), die gerade besonders häufig in den Geweben stark ausscheidender Pflanzen (Fuchsie, Springkraut, Labkraut) gebildet werden. Dies hat seinen besonderen Grund, denn die Nadeln bilden für die mit ihnen ausgestatteten Pflanzenteile einen äußerst wirksamen Schutz gegen Tier-, namentlich Schneckenfraß. Dieser Schutz tut aber den ganz jungen, noch zarten Pflanzenteilen besonders not, und da bei diesen einjährigen Kräutern der Ca-Bedarf nicht aus vorhandenen Vorräten, wie bei gewissen, gleichfalls Rhaphiden bildenden, nicht ausscheidenden Knollen- und Zwiebelpflanzen (Orchideen, Amaryllideen) gedeckt werden kann, ist eine besonders starke Nährsalzdurchströmung nötig, wie sie eben die Guttation bewerkstelligt. Diese Sonderstellung der Rhaphiden äußert sich auch physiologisch, indem sie in fertigen Geweben als sog. sekundäres Ca-Oxalat nicht neu gebildet werden, ihre Zahl und Größe sehr wahrscheinlich auch künstlich nicht vermehrt werden kann.

Zu wertvollen Ergebnissen führt der Versuch, diese physiologischen Beziehungen weiter in ihrer Einwirkung auf die stammesgeschichtliche Entwicklung der Pflanzen zu verfolgen.

Die Einstellung einer Pflanze auf Nährsalzerwerb und Exkretion durch Guttation ist, wie schon an früherer Stelle betont war, an einen

[1]) Eine praktische Anwendung dieser wichtigen Erkenntnis macht *St.* in einem Hinweis auf die *Zimmerpflanzen*, die, häufig in trockener Luft gezogen, wegen mangelnder Ausscheidungsmöglichkeit ein kümmerliches Dasein fristen. Er empfiehlt, sie namentlich abends abzubrausen und zu gießen. Wo Leucht- oder Heizgasanlagen sind, aus denen durch ausströmendes Gas die Luft verunreinigt wird, treten besondere Schwierigkeiten durch Spaltöffnungsschluß auf, die aber hier nicht weiter erörtert werden sollen, da die Untersuchungen darüber noch nicht abgeschlossen sind.

[1]) *Onken*, *Ziegenspeck*, noch nicht veröffentlichte Manuskripte.

[2]) Unter Mykotrophie versteht man eine Symbiose zwischen höheren Pflanzen und Pilzen. Die letzteren umspinnen die Wurzeln der höheren Pflanzen und dringen in ihre Gewebe ein. Der Pilz liefert der Pflanze die Salze, die Pflanze dem Pilz organische Nahrung (Zucker und Eiweiß). Näheres darüber bei *Stahl*, Der Sinn der Mykorrhizenbildung, Jahrb. f. wiss. Botanik 1900.

hohen Wassergehalt der Organe geknüpft. Bei den niedrigen, krautigen Pflanzen, wo mindestens zur Nacht ein positiver Wurzeldruck vorhanden ist, ist diese Bedingung immer erfüllt. Anders bei den Holzgewächsen, bei denen der Wasserdruck häufig — namentlich zur Zeit größter vegetativer Entfaltung — negativ ist. Ihnen fehlen daher, wo nicht ganz besonders günstige Wasserverhältnisse vorliegen (Hollunder), die Ausscheidungsorgane. Umgekehrt wird es in diesem Zusammenhang verständlich, daß in Familien, denen die Fähigkeit, das Calcium als Oxalat abzuscheiden, fehlt (Kreuzblütler, Mohn-, Glockenblumengewächse u. a.), im Lauf der phylogenetischen Entwicklung die Ausbildung von Holzgewächsen unterblieben ist.

Mit der Erörterung der viel umstrittenen Frage, wie die Entstehung von Dornen und Stacheln zu erklären sei, betritt *Stahl*, wie er selbst zugesteht, schwankenden Boden. Daß diese Gebilde als Abwehrwaffen gegen größere pflanzenfressende Tiere auf dem Wege der Selektion entstanden seien, wird in der Literatur vielfach bestritten mit dem Hinweis darauf, daß gerade heißes, trockenes Klima ihre Bildung befördert, während die gleichen Pflanzen in einer dauernd feuchten Atmosphäre keine oder nur spärliche Dornen bilden. Die Kritik ist daher geneigt, ihre Bildung als eine rein physiologische Notwendigkeit anzusehen, der nur der Wert einer sekundären Anpassung beizumessen sei. Das Unbefriedigende dieser Behauptung liegt auf der Hand, ganz abgesehen davon, daß spezielle Untersuchungen (*Goebel, Zeidler*[1]) gezeigt haben, daß einmal in der phylogenetischen Entwickelung erworbene Dornbildung in feuchter Atmosphäre zwar eine Hemmung erfährt, aber nicht verhindert werden kann.

Nach eingehender Würdigung der Tatsachen gelangt *Stahl* doch zu der Überzeugung, daß es sich hier um eine im Kampf ums Dasein entstandene Anpassung handelt, die nur durch die ökologischen Verhältnisse, unter denen sie entstanden ist, ihr eigenes Gepräge erhalten hat. Denn Dornen und Stacheln verdanken ihre Festigkeit der Verholzung der Zellwände, d. h. der Bildung mechanisch wirksamer organischer Substanz, für deren Bildung der sonnige Standort günstige Bedingungen schafft, während der infolge der Trockenheit nur sparsam fließende Salzstrom hier die sonst häufig beobachtete Aussteifung der Membranen durch Verwendung mineralischer Baustoffe verbot. Umgekehrt treten die als Schutz gegen Schneckenfraß äußerst wirksamen Kiesel- und Kalkpanzer, auch die in anderem Zusammenhang schon erwähnten Rhaphiden da auf, wo die klimatischen Verhältnisse der Entwicklung von Ausscheidungsorganen mit dem durch sie gegebenen Nährsalzreichtum günstig waren. Die ökologischen Verhältnisse haben also die Möglichkeit biologischer[1]) Anpassung in charakteristischer Weise eingeschränkt, die Anpassung selbst somit in besondere Bahnen gedrängt.

Daß die Form der Exkretbeseitigung schließlich auch auf die stammesgeschichtliche Entwicklung der Fortpflanzungsorgane nicht ohne Einfluß bleiben konnte, ist nach dem bisher Gesagten vorauszusehen. Die schwache Nährsalzzufuhr nicht ausscheidender Pflanzen gebietet diesen äußerste Sparsamkeit im Verbrauch der wertvollen Baustoffe. So bilden die Orchideen in der Blüte nur ein einziges Staubblatt (mit Ausnahme des übrigens ausscheidenden Frauenschuhs) und bergen dies in ihrer so sehr kunstvoll gebauten Blüte sorgfältig vor dem Raub durch unbefugte Insekten. Ihnen gegenüber betrachte man die ungeheure Pollenverschwendung der windblütigen Gräser, Cyperngräser und Brennessel. Dieselbe Erscheinung, nur in abgeschwächter Form, zeigt der Vergleich der Blüten bei den ausscheidenden Rosaceen und den ihnen phylogenetisch nahestehenden Papilionaceen. Dort zahlreiche Staubgefäße, in offenen strahligen Blüten den verschiedensten Besuchern freigebig dargeboten; hier wenige in der dorsiventralen Blüte vor ungebetenen Gästen sorgsam geborgen und nur den ihrem Bau besonders angepaßten Bestäubern zugänglich.

Die Darstellung konnte nur einen kleinen Teil der durch das Problem der Ausscheidung aufgetretenen Fragen behandeln, zumal diese selbst meist ihre endgültige Lösung, im Streit der Meinungen gereinigt, noch nicht gefunden haben. Es sollte vielmehr vor allem auf den ungeheuren Wert dieser glücklichen Fragestellung hingewiesen werden, die uns noch in künftiger Arbeit auf weiten Gebieten der Forschung nach der Formbildung der Pflanze eine wesentliche Vertiefung unserer Kenntnisse verspricht.

[1]) *Goebel*, Organographie d. Pflanzen, I. Teil. — *Zeidler*, Über den Einfluß d. Luftfeuchtigkeit u. d. Lichts auf die Ausbildung d. Dornen von Ulex europeus, Flora 1911.

[1]) Die Ökologie ist die Lehre von der Anpassung der Pflanze an ihren Standort, die Biologie die von den Anpassungen der Organismen untereinander.

Die Bildentstehung auf der photographischen Platte.

Von Lüppo-Cramer, Frankfurt a. M.

Wenn man eine photographische Trockenplatte nach normaler Belichtung der Kassette entnimmt, so ist auf der Schicht auch bei sorgfältigster, selbst mikroskopischer Betrachtung nicht die Spur eines Eindruckes zu erkennen. Auch chemische Hilfsmittel versagen vollständig, um irgend eine Veränderung des Bromsilbers direkt nachzuweisen. Selbst wenn man Dutzende von Platten für diesen Zweck opfern würde, so würde die gewöhnliche chemische Analyse kaum einen Unterschied gegenüber der unbelichteten Platte konstatieren können. Erst wenn man die Platte einige tausend Mal länger als die für die Herstellung

eines Negativs erforderliche Zeit exponiert, läßt sich eine chemische Veränderung des Bromsilbers direkt feststellen; in diesem Falle haben wir jedoch auch nicht mehr den Ausgangspunkt für ein *Negativ*, sondern wir würden nach solch starken Belichtungen ein „Solarisations"-Positiv erhalten.

Das unsichtbare oder *latente Bild* war seit Beginn der Photographie (1839) ein Streitobjekt der Forscher. Besonders in früherer Zeit nahm man vielfach an, eben wegen der Unmöglichkeit eines direkten Nachweises einer chemischen Veränderung der bildgebenden Substanz, daß überhaupt *nur eine physikalische Veränderung* des Bromsilbers bzw. Jodsilbers bei der Belichtung einträte. Als später der Nachweis geliefert wurde, daß sicherlich eine chemische Veränderung des Silberhaloides durch den photochemischen Prozeß stattfände, ließ man die physikalische Umwandlung, obgleich diese ebenso sicher festgestellt war, meist wieder ganz außer acht und diskutierte fast nur noch die verschiedenen Möglichkeiten der *chemischen* Natur des belichteten Halogensilbers.

Langjährige Untersuchungen des Verfassers haben ergeben, daß das latente Bild weder ausschließlich chemisch, noch lediglich physikalisch zu interpretieren ist, sondern daß die chemische Veränderung die primäre ist und eine physikalische zur Folge hat.

Eine rein physikalische Veränderung der Silberhaloidsalze kann das Zustandekommen des photographischen Bildes *allein nicht* erklären. Es war nämlich schon im Jahre 1858 von *Young* entdeckt worden, daß das latente Lichtbild auf Jodsilberkollodium sich auch noch entwickeln ließ, wenn man nach der Belichtung die Schicht zunächst vom Jodsilber durch „Fixierung" befreite. Die modernen Bromsilbergelatineplatten verhalten sich ebenso, und auch die latenten Bilder der Röntgen- und Radiumstrahlen lassen sich „nach dem Fixieren entwickeln". Natürlich kann man eine vom Bromsilber durch die „primäre Fixierung" befreite Platte nicht mehr in der üblichen Weise „chemisch" entwickeln, sondern man muß in diesem Falle zur sogenannten „physikalischen" Entwicklung greifen, indem man ein lösliches Silbersalz mit einer geeigneten reduzierenden Substanz mischt. In einem solchen Gemisch scheidet sich das Silber aus übersättigter Lösung aus und schlägt sich an den *durch die Belichtung entstandenen Keimen* nieder. Hierbei ist es nun im Prinzip gleichgültig, ob die Schicht noch das ursprüngliche Bromsilber enthält oder ob dieses z. B. durch Thiosulfat entfernt wurde. Behandelt man aber ein primär fixiertes latentes Lichtbild mit einem geeigneten *Silberlösungsmittel*, so läßt sich das Bild *nicht* mehr physikalisch entwickeln. Hieraus geht hervor, daß die Abscheidung des Silbers aus der übersättigten Lösung an das Vorhandensein eines silberhaltigen Keimes gebunden ist, der auch schon vor der Fixierung der Platte vorhanden sein muß und der die Hervorrufung, auch die gewöhnliche chemische, auslöst.

Die chemische Natur dieser auslösenden Keime in der belichteten Platte war bis vor kurzem das hauptsächlichste Streitobjekt der Forscher, und dieses Problem konnte nicht eher seiner Lösung zugeführt werden, als bis die noch sehr junge Wissenschaft der *Kolloidchemie* sich mit der Frage befaßte. Flockt man die Sole der Silberhaloidsalze bei Gegenwart von kolloidem Silber z. B. durch verdünnte Schwefelsäure aus und behandelt das so entstandene gemischte Gel mit Salpetersäure, so erhält man schön rot, blau oder violett gefärbte Körper, die sogen. *Photohaloide*, die je nach der Herstellung geringe Mengen, immer aber nur Bruchteile eines Prozentes an Silber mehr enthalten als der Formel des Silberhaloides entspricht. Ganz analoge Photohaloide erhält man auch durch direkte Adsorption oder Anfärbung von Halogensilber mit kolloidem Silber. Diese farbigen Silberverbindungen sind nichts weiter als *Adsorptionsverbindungen*, in denen das Silber dieselbe Rolle spielt wie ein Farbstoff, in denen andererseits das Bromsilber die Rolle der Faser beim Färbeprozeß übernommen hat. Das Silber hat in der Adsorptionsverbindung oder festen Lösung mit dem Bromsilber seine normale Löslichkeit in Salpetersäure verloren, ganz wie dies von anderen derartigen Verbindungen nicht „rein chemischen" Charakters bekannt ist, wobei ich nur an die zahlreichen Adsorptionsverbindungen erinnere, die in der *Gerbungstechnik* eine so große Rolle spielen.

Nun war es schon vor den Forschungen *Carey Leas*, dem wir die Kenntnis der Herstellung und der Eigenschaften jener „Photosalze" verdanken, bekannt, daß die durch *Belichtung* von Brom- und Chlorsilber entstehenden gefärbten Produkte ebenfalls widerstandsfähig gegen Oxydationsmittel sind. *Carey Lea* erkannte daher schon, daß seine ohne Lichtwirkung *rein* chemisch gewonnenen gefärbten Silbersalze identisch mit den *photo*chemischen Produkten sein müßten und nannte eben aus diesem Grunde jene Salze ganz allgemein Photosalze: Photochlorid, Photobromid und Photojodid.

Carey Lea selbst und außer ihm die meisten Forscher in der photographischen Chemie nahmen an, daß in den Photosalzen nicht Silber, sondern ein *Subhaloid* enthalten sei. Es wurde dabei meist der mißliche Umstand übersehen, daß die Subsalze des Silbers nicht einwandfrei hergestellt sind und daß man von derartigen noch rein hypothetischen Körpern *nur im äußersten Notfall* Gebrauch machen darf. Ein solcher Notfall würde vorliegen, wenn man die verschiedenen Phänomene, die bei den synthetisch oder photochemisch hergestellten Präparaten auftreten, gar nicht anders erklären könnte, als indem man jene hypothetischen Körper zuließe. Ein solcher Zwang liegt nun aber nach den Untersuchungen des Verfassers keineswegs vor, vielmehr konnte ich nachweisen, daß die hauptsächlichsten Erscheinungen, die als speziell photographische bekannt sind, sich auch ohne Mitwirkung des Lichtes imitieren

lassen, wenn man den Silberhaloiden eine geringe Menge von Silber auf synthetischem Wege einverleibt. Es gelang mir, die Photohaloide in Form von regelrechten in sich homogenen Gelatineemulsionen zu erzeugen. (Eine derartige Emulsion ist das einzige Material, mit dem man die in der Photographie vorkommenden Reaktionen sicher anstellen kann, da die schutzkolloidfreien Salze bei der Reduktion sich viel zu rasch und unregelmäßig verändern, als daß ein eingehendes Studium der Erscheinungen an diesen überhaupt möglich wäre.) Die synthetisch hergestellten Photochlorid- und Photobromidschichten werden ohne Lichtzutritt durch den Entwickler rasch reduziert, vorausgesetzt, daß man bei der Herstellung das überschüssige Silber nicht mit einem zu starken Oxydationsmittel entfernt hat. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß eigentlich nicht das unlösliche fest adsorbierte Silber in Entwicklung einleitet, sondern daß hauptsächlich der noch in starker Chromsäure usw. *lösliche* Anteil des adsorbierten Silbers als Keim wirkt. Auch diese Verhältnisse finden wir bei vielen anderen Adsorptionsverbindungen von ganz anderem chemischen Charakter wieder.

Zur Erklärung des Verhaltens der Auslösungskeime für die Entwicklung ist also die Adsorptionstheorie völlig ausreichend; es entsteht Silber, das zum Teil in dem Halogensilber adsorbiert bleibt und infolge davon das abnorme Verhalten gegen Oxydationsmittel zeigt.

Wenn nun aber aus dem Halogensilber bei der Belichtung Silber gebildet wird, so entsteht auch Halogen, und man kann sich leicht vorstellen, besonders beim Freiwerden von *Chlor*, daß ein innerhalb eines festen Körpers sich bildendes Gas eine Art Explosion ausführen kann, wobei es das Gefüge des Körpers lockert oder zersplittert. Eine derartige direkte Wirkung kann man tatsächlich bei der genügend langen Belichtung von *Chlorsilberkristallen* beobachten. Die ursprünglich farb- und strukturlosen, klaren Kristalle werden im Sonnenlichte zuerst gleichmäßig blau, nach einiger Zeit aber trübe und lassen dann unter dem Mikroskop eine deutliche Änderung ihrer Struktur erkennen.

Sehr interessante Erscheinungen bietet in dieser Beziehung das *Jodsilber*, und die bei diesem, d. h. bei den *Daguerreotypplatten*, schon 1839 beobachteten Erscheinungen lieferten zuerst die Grundlage für die Theorie, daß die physikalische Veränderung des Jodsilbers im Lichte ausschlaggebend für die Bildentstehung überhaupt sei: Man legt Silberspiegel auf Glas über eine Schale mit festem Jod, worauf sich in kurzer Zeit eine Umwandlung in Jodsilber vollzieht, das in diesem Zustande eine gelblichweiße, klar durchsichtige, in der Aufsicht glänzende Schicht darstellt. Wird eine solche Platte unter einem recht kontrastreichen Negativ dem direkten Sonnenlichte ausgesetzt, so zeigt sich das Jodsilber an den belichteten Stellen bald sehr getrübt, bleibt aber gelblichweiß und zeigt keine Spur von Verdunkelung. In der Aufsicht sind die belichteten Stellen matt. Überfährt man nun die ganze Schicht unter leichtem Druck mit einem Wattebausch oder dergl., so geht an den belichteten Stellen alles Jodsilber als feiner Staub los, während es an den unbelichteten Stellen fest haften bleibt. Man erhält so ein scharfes Bild von reinem Jodsilber auf dem bloßen Glase. Es gibt dies einen überzeugenden Beweis für die Tatsache, daß das Jodsilber durch die Belichtung eine physikalisch-mechanische Veränderung erfahren hat.

Vom Verfasser wurde nun entgegen älteren Anschauungen der Nachweis geliefert, daß das mechanische Bild auf Jodsilber, das „Zerstäubungsbild", eine indirekte Folge der Jodabspaltung ist. Dieser Prozeß verläuft in zwei Phasen. Hält man von der Jodsilberplatte das überschüssige Jod fern, so entsteht bei nicht zu langer Belichtung eine zunächst nur latente Veränderung. Doch zeigt sich beim Anhauchen mit dem Atem oder dem Dampfe eines Wasserbades ein deutliches *„Hauchbild"*, das beim Verdunsten des Wasserdampfes wieder verschwindet, sich aber beliebig oft unverändert wieder hervorrufen läßt. Ein reproduzierbares Hauchbild kann man auf solchen Jodsilberplatten auch dadurch erhalten, daß man die belichtete Schicht anstatt dem Wasserdampfe dem Dampfe von *Jod* aussetzt. Derartige aus Jod bestehende Hauchbilder sind so beständig, daß man sie sogar photographieren kann. Das Jod schlägt sich bei diesem Prozeß als dunkler Belag in feinkristallinischer Form an den belichteten Stellen nieder. Bei diesen Hauchbildern handelt es sich lediglich um eine Kondensation des Dampfes an den durch das Licht veränderten Stellen, ohne daß schon eine direkt erkennbare Veränderung des Jodsilbers eingetreten wäre.

Legt man aber die belichtete Jodsilberplatte, anstatt sie gleich dem konzentrierten Joddampfe auszusetzen, bei gewöhnlicher Temperatur auf eine Schale mit *festem Jod*, so vollzieht sich langsam ein anderer Prozeß: das ursprünglich submikroskopisch feine Jodsilber wandelt sich unter dem lösenden Einflusse des Jodes zu verhältnismäßig großen Kristallen um. Es ist dies im Prinzip derselbe Vorgang, der sich beim Reifen der Bromsilberplatten vollzieht.

In der Tat kann man auch auf gewöhnlichen Bromsilbergelatineplatten Bilder erhalten, die im Wesen identisch sind mit denen auf dem bindemittelfreien Jodsilber. Belichtet man eine Trockenplatte reichlich und legt sie dann auf eine Schale mit konzentrierter Ammoniaklösung (0,91), so entsteht nach einiger Zeit ein Bild, das aber keinerlei Ähnlichkeit mit dem gewöhnlichen aus Silber bestehenden entwickelten Bilde besitzt, sondern aus reinem Bromsilber besteht, das durch den Ammoniakdampf umkristallisiert wurde. Auch hier hat bei der Belichtung das Brom das Bromsilberkorn zunächst zersplittert und damit leichter löslich gemacht. Derartige Bilder, die ich an anderer Stelle (Photogr. Korrespondenz 1912, S. 524 ff.) reproduziert habe, bestehen aus-

schließlich aus Bromsilber, das sich nur in sehr verschiedener Verteilung befindet. Wie beim Jodsilber ist diese Umwandlung des belichteten Bromsilbers von der Silberkeimbildung als solcher unabhängig. Man kann sogar die Silberkeime durch Bromwasser völlig zerstören und erhält doch die Entwicklung des „Reifungsbildes" durch Ammoniak. Auch bei der „Entwicklung" des Jodsilbers mit Joddampf wird ja jedes „chemische" Bild, d. h. jede Spur von Silber, durch das Jod zerstört.

Von besonderem Interesse sind auch die Wirkungen der *Röntgenstrahlen* und verwandter Energiearten auf die Bromsilberplatte. Bestrahlt man bestimmte Sorten von Trockenplatten mit Röntgenstrahlen und legt sie darauf ins Tageslicht, so erscheint nach einiger Zeit das Röntgenbild ohne Anwendung irgendwelcher chemischer Agentien in rötlicher Farbe auf bläulichem Grunde. (*Lüppo-Cramer,* Die Röntgenographie [Halle 1909], farbiges Titelbild, daselbst auch die weitere Literatur.) Übergießt man ein solches durch Licht „entwickeltes" Röntgenbild mit Chromsäuremischung oder dergl., so bleichen die von den X-Strahlen veränderten Bildstellen aus, während die nur belichteten fast unverändert bleiben. Diese Reaktionen führten zunächst auf die Theorie einer durch die Röntgenstrahlen erfolgten Zersplitterung des Bromsilbers, die sich bei weiteren Untersuchungen auch gut bewährte. Für die Eigenart der Röntgenstrahlenwirkung ist auch der folgende zuerst von *M. P. Villard* angegebene Versuch recht überzeugend. Man bestrahlt eine gewöhnliche hochempfindliche Trockenplatte in normaler Weise mit Röntgenstrahlen und legt dann die ganze Platte offen etwa eine Minute lang ins Tageslicht. Beim darauffolgenden Behandeln mit einem gewöhnlichen Entwickler entsteht ein deutliches positives Röntgenbild.

Würde nun die offensichtliche Eigenart des Röntgenstrahlenbildes darauf beruhen, daß die Zersplitterung des Bromsilbers hier sehr viel intensiver erfolgt als durch Licht, so sollte man annehmen, daß auch die ausschließlich auf der Zersplitterung des Bromsilbers beruhende „Entwicklung" mit Ammoniak beim Röntgenstrahlenbilde leichter und durchgreifender erfolge, vor allem kürzere Belichtungen erfordere als beim gewöhnlichen Lichtbilde. Dies ist nun aber keineswegs der Fall. Auch erheblich über die Normalexposition hinaus mit Röntgenstrahlen behandelte Platten ergeben mit Ammoniak kein deutliches Reifungsbild, sondern es ist, genau wie beim Lichtbilde, eine außerordentlich starke Überexposition erforderlich, um ein direktes Reifungsbild mit Ammoniak zu erhalten. Legt man aber die mit X-Strahlen vorbestrahlte Platte darauf unter einer Sensitometerskala etwa eine halbe Minute lang ins Tageslicht und setzt sie dann in der beschriebenen Weise den Ammoniakdämpfen aus, so entsteht ein deutliches Reifungsbild des Röntgenstrahleneindruckes.

Die im Vergleich zu der starken Nachbelichtung geringe Menge an Röntgenstrahlenenergie hat also doch eine erhebliche Steigerung der Löslichkeit des Bromsilbers zur indirekten Folge. Zu dem Verständnis dieser eigenartigen Wirkung der Röntgenstrahlen kann man auf folgende Weise gelangen: Auch der X-Strahl wirkt nicht grundsätzlich anders als das Licht auf das Bromsilber: die primäre Wirkung ist immer Bromabspaltung und Silberkeimbildung. Aber die erwähnten und andere Tatsachen, besonders das Verhalten des Röntgenbildes gegen die Ammoniakentwicklung, lassen sich erklären, wenn man die bei der Eigenart der äußerst kurzwelligen und durchdringenden Röntgenstrahlen wohl erlaubte Hypothese aufstellt, daß der Röntgenstrahl im Bromsilber relativ zahlreichere Zersetzungszentren bildet als der Lichtstrahl, daß also das Keimsilber im Bromsilber feiner verteilt ist. Die Gesamtmenge an Silber kann in beiden Fällen gleich sein, aber die topographische Verteilung im Korn eine verschiedene. Wird nun aber die mit Röntgenstrahlen behandelte Platte dem gewöhnlichen Lichte ausgesetzt, so wirken die zahlreichen ursprünglichen Keime wie in anderen Fällen beschleunigend auf die weitere photochemische Zersetzung des Bromsilbers an diesen Punkten. Es wird daher an den zuerst von den X-Strahlen veränderten Bildstellen eine raschere Bromabspaltung und daher auch eine durchgreifendere Zersplitterung des Kornes erfolgen als an den nur vom Lichte getroffenen Teilen der Schicht.

Die vorgetragene Hypothese macht die Annahme einer primären Zerstäubung durch X-Strahlen ebenso entbehrlich wie bei der Lichtwirkung. In beiden Fällen führt erst die Halogenexplosion sekundär zur Änderung des sogen. Dispersitätsgrades des Bromsilbers. Anstatt der Hypothese von einer besonders starken direkten „mechanischen" Wirkung der Röntgenstrahlen auf das Bromsilber wird aber die Annahme nötig, daß die X-Strahlen das erste Keimsilber in höher disperser Form abscheiden als der Lichtstrahl. Für die Berechtigung dieser Hypothese sprechen aber alle Tatsachen, die wohl früher zur Annahme einer direkten Zerstäubung führten, vor allem die starke optische Sensibilisierung durch die Röntgenstrahlen, die auf kaum etwas anderem beruhen kann als darauf, daß das bei der Röntgenbestrahlung gebildete Silber einen höheren Dispersitätsgrad besitzt, d. h. feiner verteilt ist als das bei der gewöhnlichen Belichtung entstehende.

Die physikalischen Voraussetzungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Von Hans Reichenbach, Berlin-Lichterfelde.

I. Von der Anwendung der Wahrscheinlichkeitsgesetze auf die Dinge der Wirklichkeit.

Man kann beobachten, daß die Wahrscheinlichkeitsgesetze zwei verschiedene Gruppen von For-

schern beschäftigen. Einmal die Mathematiker. Sie entwickeln aus den einfachen Grundgesetzen der Theorie komplizierte Rechenformeln, stellen Beziehungen auf, die verschlungene Probleme zu lösen gestatten, führen auch neue Begriffe ein, wie Dispersion, mittleres Fehlerquadrat, zusammengesetzte Wahrscheinlichkeit usw. Ihnen treten die Statistiker aller Wissenschaften, der Physik, der Psychologie, der Soziologie usw. gegenüber; sie übernehmen gern den verzweigten Apparat der Mathematiker, nicht aber um ihn zu vervollständigen, sondern um ihn auf praktische Gegenstände anzuwenden, um Methoden aus ihm zu gewinnen, mit denen sich bestimmte empirische Sachverhalte darstellen lassen. Diese Zweiteilung der Arbeitsweisen entspricht einem tiefgehenden sachlichen Unterschied; es ist derselbe, der die reine mathematische Forschung von allen ihren Anwendungen trennt. Kein Zweifel, die Wahrscheinlichkeitsgesetze stellen ein geschlossenes mathematisches System dar, wie die Sätze der Infinitesimalrechnung oder wie die Sätze der Geometrie, und die strenge Sicherheit dieser Gebiete muß den Wahrscheinlichkeitssätzen ebenso zuerkannt werden, soweit sie geschlossene Relationen, Begriffsketten aus Verflechtungen der Elementarbegriffe, darstellen. Es sei an das Bernoullische Theorem erinnert, das die Häufigkeiten und die Dispersion einfacher Wiederholungsreihen berechnet, und das, mathematisch genommen, nichts anderes ist als eine Auszählung von Kombinationen. Niemand hat je an der Richtigkeit dieser Kombinationslehre gezweifelt. Um so mehr aber haben sich Zweifel erhoben, wenn es sich um die Anwendung der Wahrscheinlichkeitsgesetze auf Dinge der Wirklichkeit handelte; und die Statistiker der einzelnen Wissenschaften konnten sich niemals auf die mathematische Strenge der theoretischen Wahrscheinlichkeit berufen, weil es problematisch blieb, ob die wirklichen Dinge sich den berechneten Relationen unterordneten. Die Lage ist hier ähnlich wie bei der Geometrie: daß die geometrischen Sätze in sich richtig sind, wird von niemandem bezweifelt; aber ob sie die *wirklichen Dinge* beschreiben, ob der Raum, in dem wir die physikalischen Dinge messen, dreidimensional und euklidisch ist, darüber läßt sich mathematisch nichts aussagen, und erst die Methoden der Physik und der Philosophie können darüber die Entscheidung treffen.

Die Geometrie hat den Vorzug, daß sie ein entwickeltes Axiomensystem besitzt, und wir können heute die Frage nach der Geltung ihrer Sätze ersetzen durch die Frage nach der Geltung ihrer Axiome. Wenn die Axiome von dem wirklichen Raum befolgt werden, so muß dasselbe für alle geometrischen Sätze gelten; für die Untersuchung ist es aber viel einfacher, allein die Geltung der Axiome zu problematisieren. Nun gibt es allerdings für die Wahrscheinlichkeitsrechnung auch Axiomensysteme. Aber diese sind vollständig nur als Grundlage der rein arithmetischen Beziehungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung. In ihrer Anwendung jedoch wollen die Wahrscheinlichkeitsgesetze wirkliche *Vorgänge* beschreiben, über *zeitliche Abläufe Bestimmtes aussagen,* und es muß deshalb noch eine durch das Auftreten des Zeitbegriffs gekennzeichnete Axiomgruppe geben, die die Anwendung der Wahrscheinlichkeitsgesetze auf wirkliche Vorgänge behandelt, und die wir deshalb als *Axiome der Anwendbarkeit* bezeichnen wollen. Im Gegensatz zu den mathematischen Axiomen lassen sie sich auch als *physikalische Axiome* bezeichnen, wenn man Physik im allgemeinsten Sinne als Wissenschaft von raum-zeitlichen Vorgängen auffaßt.

Die Aufstellung dieser Axiomgruppe ist von mir in einer Arbeit[1]) durchgeführt worden, auf die ich für eine ausführliche Begründung der hier dargestellten Gedanken verweisen muß. An dieser Stelle sollen die Resultate der Untersuchung mitgeteilt und der Weg ihrer Ableitung in seinen wesentlichen Zügen gezeigt werden. Da es sich bei den Wahrscheinlichkeitsgesetzen stets um Näherungsgesetze handelt, derart, daß mit wachsender Zahl der Wiederholungen eine engere Annäherung an die geforderte Verteilung stattfindet, so müssen auch die Axiome der Anwendbarkeit als Gesetze über ein Näherungsverhalten formuliert werden. Wir werden finden, daß sich diese Axiome auf ein einziges reduzieren. Es kann allerdings vorläufig nicht behauptet werden, daß nicht in gewissen Hypothesen der Physik, z. B. *Boltzmanns* Ergodenhypothese als Grundlage der Molekularstatistik, noch andere Voraussetzungen enthalten sind, und in diesem Sinne darf die Untersuchung noch nicht als abgeschlossen gelten. Auch beschränkt sich die Untersuchung auf physikalische Probleme und kann deshalb ein Urteil über die Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung in der Psychologie und in der Soziologie nicht geben. Aber es wird sich zeigen lassen, daß das aufgedeckte Axiom eine über den Rahmen der engeren Wahrscheinlichkeitsrechnung hinausgehende, philosophische Bedeutung besitzt, und daß seine Geltung im engsten Zusammenhang mit dem physikalischen Erkenntnisbegriff steht. Diese Frage wird in einem der nächsten Hefte dieser Zeitschrift behandelt werden, während sich die gegenwärtige Darstellung auf die Aufstellung des Axioms beschränken wird.

II. Das Axiom der Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitssätze: die Hypothese der Wahrscheinlichkeitsfunktion.

Ein einfaches Beispiel der physikalischen Realisierung von Wahrscheinlichkeitsgesetzen bildet das Würfelspiel. Dort werden die sechs möglichen Lagen des Würfels als „mögliche Fälle" bezeichnet, und jede Lage gilt als „gleich wahr-

[1]) *Reichenbach,* Der Begriff der Wahrscheinlichkeit für die mathematische Darstellung der Wirklichkeit. Ztschrft. f. Philos. u. philos. Kritik Bd. *161,* 1917.

scheinlich". Diese Klassifikation der möglichen Fälle in eine Anzahl gleich wahrscheinlicher Fälle ist charakteristisch für jede Wahrscheinlichkeitsberechnung. Unter gleicher Wahrscheinlichkeit versteht man, daß bei einer Wiederholung des Vorgangs die gleich wahrscheinlichen Fälle gleich oft realisiert werden, also z. B. jede Würfelseite gleich oft darankommt. Das Problem ist dabei: woher nimmt man das Recht, von bestimmten Fällen, z. B. dem Auftreten der Würfelseiten, zu sagen, daß sie gleich wahrscheinlich sind?

Man hat versucht, die Gleich-Wahrscheinlichkeit so zu definieren, daß sie eine Aussage über die Wiederholung des Vorgangs nicht enthält, und glaubte so das „Problem der großen Zahlen" von dem Wahrscheinlichkeitsproblem trennen zu können. Man definiert dann Gleich-Wahrscheinlichkeit als eine bestimmte physikalische Struktur, z. B. die räumliche Symmetrie des Würfels, und verzichtet auf die Behauptung, daß bei der Wiederholung jede Seite annähernd gleich oft darankommt. Durch derartige Definitionen kommt man natürlich um das Problem nicht herum. Die so definierte Gleich-Wahrscheinlichkeit bildet dann allerdings kein Problem mehr, man kann ihr Vorhandensein physikalisch konstatieren, die gleiche Größe der Würfelseiten und die Mittellage des Schwerpunkts kann man ausmessen. Aber das Merkwürdige bleibt, daß diesen geometrisch-physikalischen Verhältnissen gerade die gleiche Häufigkeit in der Wiederholung des Vorgangs entspricht; dies ist das Problem, um das es sich grundsätzlich handelt, und dessen Geltung in jeder Anwendung der Statistik vorausgesetzt wird. Durch das Stattfinden einer solchen Häufigkeitsbeziehung läßt sich auch erst jenes Erwartungsgefühl rechtfertigen, mit dem wir den Wahrscheinlichkeitsbegriff gewöhnlich verknüpfen, und das uns z. B. das Eintreffen zweier gleicher Würfe hintereinander als unwahrscheinlich empfinden läßt. Wenn es ausgemacht ist, daß eine derartige Kombination seltener vorkommt als andere Kombinationen, so ist das Spannungsgefühl, mit dem wir das Wahrscheinliche erwarten, das Unwahrscheinliche dagegen zurücksetzen, psychologisch gerechtfertigt; auf geometrisch-physikalische Verhältnisse aber läßt es sich nicht basieren. Noch weniger aber läßt sich dieses Spannungsgefühl zur Definition der Wahrscheinlichkeit verwenden, etwa indem man als gleichwahrscheinlich solche Verhältnisse definiert, die die gleiche „freie Erwartungsbildung" in uns hervorrufen. Derartige Definitionen, die die Wirkung auf den Zuschauer zum Ausgangspunkt nehmen, verführen dazu, in der Wahrscheinlichkeitssetzung eine lediglich subjektive Vermutung zu sehen, deren Inhalt von dem jeweiligen Stand unserer *subjektiven Kenntnisse* abhängt. Die Auffassung übersieht, daß es tatsächlich *objektive Sachverhalte* gibt, die durch Wahrscheinlichkeitsgesetze erschöpfend beschrieben werden, z. B. die Gesetzlichkeit des Würfelns. Es muß Aufgabe der Psychologie bleiben, zu erklären, wie aus der Kenntnis solcher objektiven Sachverhalte bestimmte Erwartungsgefühle entstehen; mit der Gesetzmäßigkeit der Wahrscheinlichkeit hat dies nichts zu tun.

Wir definieren deshalb als gleichwahrscheinlich solche Fälle, die bei der Wiederholung angenähert gleich oft realisiert werden, und wir müssen untersuchen, welche physikalischen Voraussetzungen für das Stattfinden eines solchen Phänomens gemacht werden müssen.

Wir wählen als Beispiel eines Wahrscheinlichkeitsmechanismus das Roulette. *Poincaré*[1]) hat dieses Spiel behandelt und auf eine sehr einfache Voraussetzung zurückgeführt. Der rotierende Zeiger wird seinen Kreis vielmal durchlaufen, bis er stehen bleibt; wir können seinen Weg durch einen Winkel messen, wenn wir nach der ersten Umdrehung über 360 ° hinauszählen und so fortlaufend bis zu jener Gradzahl Ω zählen, bei der der Zeiger stehen bleibt. Wäre Ω um ein Stückchen $\Delta\Omega$ größer, das gerade der Größe eines farbigen Sektors entspricht, so würde der Zeiger auf der anderen Farbe stehen geblieben sein; denken wir uns diesen Weg nochmals um $\Delta\Omega$ vergrößert, so hält der Zeiger wieder über der ersten Farbe, usw. Lassen wir den Zeiger mehrere Male spielen, so wird der Weg Ω jedesmal anders sein, weil die Kraft, mit der der Zeiger fortgeschnellt wird,

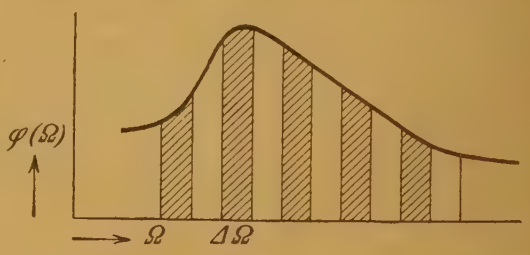


Fig. 1.
Zur Zurückführung der Gleich-Wahrscheinlichkeit auf die Stetigkeit einer Kurve.

niemals genau die gleiche ist; aber ob rot oder schwarz getroffen wird, hängt nur davon ab, in welchem Intervall $\Delta\Omega$ der Zeiger zur Ruhe kommt. Wir denken uns nun während einer größeren Reihe von Versuchen für jedes einzelne Intervall $\Delta\Omega$ gezählt, wie oft der Zeiger gerade in diesem Intervall anhält, und diese Zahl h durch die Gesamtzahl N der Versuche dividiert, so daß wir die relative Häufigkeit h/N des Intervalls erhalten. Dies werde graphisch aufgetragen, wie es Fig. 1 darstellt. Darin ist als Abszisse Ω aufgetragen, und die Intervalle $\Delta\Omega$ sind abgeteilt; die relative Anzahl der Treffer h/N ist für jedes Intervall durch den schmalen rechteckähnlichen Flächenstreifen dargestellt, der sich darüber erhebt. Man sieht aus der unregelmäßigen Form der Kurve, daß der Zeiger keinesfalls jeden Wert Ω gleich oft erreicht, im Gegenteil bevorzugt er ein gewisses Gebiet in der Mitte und nimmt selten

[1]) *Poincaré*, Calcul des Probabilités. Paris 1912, Gauthier-Villars, p. 149.

kleine oder sehr große Werte Ω an. Nun ist die Anzahl der Fälle, daß der Zeiger auf einem schwarzen Sektor anhält, durch die Summe der schraffierten Flächenstreifen gegeben, und die Anzahl der Treffer „rot" durch die Summe der nichtschraffierten Streifen. Jeder Sektor des Roulettespiels entspricht dabei bereits einer Summe von Flächenstreifen der Figur, und die Farbe „rot" oder „schwarz" entspricht einer noch größeren Summe. Es sind aber zwei nebeneinanderliegende Streifen nahezu gleich groß, und bei der Summenbildung wird jedem kleinen schraffierten Flächenstreifen ein kleiner nichtschraffierter, jedem großen schraffierten Streifen ein großer nicht-schraffierter entsprechen, so daß die insgesamt schraffierte Fläche nahezu gleich wird der nicht-schraffierten. Das wird um so genauer erfüllt sein, je kleiner die Teilung $\Delta\Omega$ ist, je größer also die Anzahl der Intervalle ist, und es läßt sich leicht zeigen, daß in der Grenze für unendlich kleine $\Delta\Omega$ die beiden Flächen genau gleich werden. Voraussetzung ist dabei nur, daß die Kurve der Fig. 1 *stetig* verläuft, also keine anomalen Sprünge macht; ihre Form kann ganz beliebig sein, sie kann auf- und absteigen und beliebig gekrümmt sein. Allerdings muß die Summe der Rechtecke immer endlich bleiben, und die Kurve muß deshalb an beiden Enden asymptotisch zur Abszissenachse verlaufen, d. h. *sehr große* und *sehr kleine* Werte von Ω müssen äußerst selten vorkommen[1]). Sind diese Voraussetzungen erfüllt, so folgt, daß ebenso oft die rote wie die schwarze Farbe getroffen wird; damit ist die Gleich-Wahrscheinlichkeit der beiden Farben zurückgeführt auf die Existenz einer solchen Kurve.

Was bedeutet nun diese Kurve? Wir müssen uns klarmachen, daß ihre Existenz keineswegs bewiesen war. Wir hatten nur gesagt, daß wir die Trefferzahlen zählen und nach dem genannten Verfahren eintragen wollten. Genau genommen, erhalten wir dabei überhaupt keine Kurve. Wir können zunächst nur über jedem $\Delta\Omega$ ein Rechteck zeichnen, dessen Flächeninhalt gleich der relativen Trefferzahl $\frac{h}{N}$ dieses Intervalls ist, und die Oberkanten der Rechtecke werden dann einen Treppenweg bilden. Vergrößern wir die Anzahl N der Versuche, so wird der Treppenweg ausgeglichener werden; wir können dann die Intervalle $\Delta\Omega$ kleiner denken, und dadurch wird der Treppenweg einer Kurve ähnlicher werden. Allzu klein dürfen wir die $\Delta\Omega$ bei diesem graphischen Verfahren zunächst nicht wählen. Ist z. B. die Anzahl der $\Delta\Omega$ größer als die Anzahl N der Versuche, so kann unmöglich in jedem $\Delta\Omega$ ein Treffer liegen, an vielen Stellen also würde das Rechteck $= 0$ zu zeichnen sein, und der Treppenweg würde höchst unregelmäßig werden. Erst wenn die Anzahl der Versuche größer genommen wird, wird wieder ein regelmäßiger Treppenweg entstehen, der nun einer stetigen Kurve noch ähnlicher ist als der frühere. Zu einer stetigen Kurve selbst aber können wir mit einer endlichen Anzahl N von Versuchen — und nur solche endlichen Anzahlen stehen uns zur Verfügung — niemals kommen. Wenn wir trotzdem für die Umdrehungen des Zeigers die Existenz einer stetigen Häufigkeitskurve annehmen, so bedeutet dies die *Hypothese, daß bei dem geschilderten graphischen Verfahren mit wachsendem N eine Annäherung an eine solche stetige Kurve mit asymptotischen Enden zustandekommt.* Derartige Kurven $\varphi(\Omega)$ nennt man Wahrscheinlichkeitsfunktionen, weil die Wahrscheinlichkeit W, daß Ω in dem Intervall von Ω_1 bis Ω_2 liegt, also die relative Häufigkeit $\frac{h}{N}$ für beliebige Intervalle, durch den Ausdruck

$$\left(\frac{h}{N}\right)_{\lim N=\infty} = W = \int_{\Omega_1}^{\Omega_2} \varphi(\Omega)\, \mathrm{d}\,\Omega$$

gegeben ist. (Aus der Summation der Rechtecke entsteht für $\lim N = \infty$ das Integral.) Und wir können sagen, daß sich die Gleichwahrscheinlichkeit der beiden Farben im Roulettespiel zurückführen läßt auf die *Hypothese*, daß für den Umdrehungswinkel des Zeigers *eine Wahrscheinlichkeitsfunktion existiert.*

Diese Erkenntnis bedeutet einen wesentlichen Fortschritt für das Wahrscheinlichkeitsproblem. Vorher standen wir vor der Frage, die Gleichwahrscheinlichkeit der roten und schwarzen Sektoren zu erklären; dabei erschien diese Gleichwahrscheinlichkeit als eine mysteriöse Eigenschaft der Farbenstreifen, und es schien gar kein Grund vorhanden, warum man über die Streifen eine derartig weitgehende Aussage machen sollte. Ja, man hat sogar versucht, aus dem Vorhandensein *keines* Grundes ein philosophisches Prinzip zu machen, indem man sagte, es sei kein Grund vorhanden, einen Streifen zu bevorzugen, und darum müßten die Streifen gleiche Wahrscheinlichkeit besitzen. Dieses „Prinzip des mangelnden Grundes" übersieht, daß man ebenso keinen Grund hat, die Streifen gleich wahrscheinlich zu nennen, und daß man also auch das Gegenteil folgern könnte; Schlüsse auf *keinen* Grund zu basieren, ist eben immer sehr mißlich. Die Hypothese der Wahrscheinlichkeitsfunktion enthebt uns mit einem Schlage dieser Schwierigkeit. Denn sie nimmt die verlangte Eigenschaft von den Streifen weg und überträgt sie auf den rotierenden Zeiger; über die Natur des Rotationsvorgangs sagt sie etwas aus, und die Streifen übernehmen dabei nur die Aufgabe, diese eigentümliche Natur des Rotationsvorgangs *sichtbar* zu machen, in besonderer Zuspitzung zu veranschaulichen. Jetzt haben wir allerdings Grund genug, die Streifen gleich *wahrscheinlich* zu nennen, des-

[1]) Der Beweis läßt sich bereits führen, wenn die Kurve integrierbar ist und das Integral von $-\infty$ bis $+\infty$ einen endlichen Wert hat. Die Forderung der Stetigkeit geht also etwas zu weit; aber sie drückt am deutlichsten die verlangte Eigenschaft aus und soll deshalb im folgenden immer benutzt werden. Genauer müßte man von der Stetigkeit des Integrals sprechen.

halb nämlich, weil sie gleich *groß* sind; wären sie verschieden, so wären auch die Intervalle $\Delta\Omega$ nicht gleich, und die Häufigkeit der Farben nicht durch 1 : 1, sondern durch ein anderes Verhältnis gegeben. Die Streifen bewirken nur eine eigentümliche Zerlegung und Zuordnung der verschiedenen Drehungswinkel des Zeigers; der Zahlwert der dabei auftretenden Mengenverhältnisse ist durch die Größe der Streifen bestimmt — und das Prinzip des mangelnden Grundes ist mit dieser Verschiebung des Problems verschwunden.

Damit ist allerdings das Problem noch nicht gelöst. Wir werden die neue Hypothese erst zu rechtfertigen haben. Sie unterscheidet sich durchaus von anderen physikalischen Hypothesen; sie ist auch nicht mit den üblichen physikalischen Methoden zu kontrollieren, weil sie nicht durch *Messungen* bestätigt werden kann. Sie besagt eine Gesetzmäßigkeit der Natur, die im *Zählen* von Größen zum Ausdruck kommt, und auch hier geht sie viel weiter als alle Erfahrung, weil sie einen Grenzwert für unendlich viele Beobachtungen aufstellt. Aber wir können schon jetzt als ihren Vorzug erwähnen, daß sie die Form einer Stetigkeitsvoraussetzung hat und keine quantitativen Verhältnisse vorschreibt. Wir brauchen nicht mehr anzunehmen, daß endlichen Flächenstücken gleiche Wahrscheinlichkeit zukommt; unsere Hypothese lautet *nicht*, daß alle Werte für den Drehungswinkel Ω gleich wahrscheinlich sind, sondern nur, daß unendlich benachbarte Werte gleichwahrscheinlich sind. Darin, daß eine Annahme über den bestimmten Wert der Wahrscheinlichkeitsfunktion $\varphi(\Omega)$ nicht gemacht zu werden braucht, sondern nur ihre *Stetigkeit* vorausgesetzt werden muß, um die *gleich*wahrscheinlichen Fälle zu erklären, die die Grundlage der Wahrscheinlichkeitsberechnung bilden, liegt die Überlegenheit dieser Hypothese; das wird für die philosophische Seite des Problems wichtig werden. Zunächst soll jedoch gezeigt werden, daß dieselbe Voraussetzung auch für andere Probleme hinreichend ist.

III. Die Stetigkeit der Wahrscheinlichkeitsfunktion und die physikalischen Grundlagen einiger Glücksspiele.

Von jeher haben die Glücksspiele als Idealfall der Wahrscheinlichkeitsrechnung gegolten; es ist üblich geworden, an ihnen als Beispielen die Gesetze der Wahrscheinlichkeit zu erläutern, und nirgends scheinen die Voraussetzungen jener eigentümlichen Kombinationslehre, wie sie die Wahrscheinlichkeitsrechnung darstellt, die einzelnen gleich wahrscheinlichen und die Möglichkeiten erschöpfenden Fälle, ihre beliebige Kombinationsfähigkeit und die Regelmäßigkeit ihres Eintreffens, so klar und deutlich gegeben wie in diesen anerkannten Tummelplätzen des Zufalls. Sie erscheinen geradezu als eine Symbolisierung jener Rechenregeln, die das Gebäude der Wahrscheinlichkeitsrechnung ausmachen, während ihre physikalische Natur höchst uninteressant und unwichtig bleibt. Das ändert sich erst, wenn man, wie wir es für das Roulettespiel getan haben, nach den physikalischen Voraussetzungen sucht, die diese doch immer nur empirischen Vorgänge zu Musterbildern mathematischer Operationen machen; dabei gelingt es dann, jenes Axiom der Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitssätze aufzudecken, das wir von vornherein als unser Ziel aufstellten und das wir jetzt als Hypothese der Wahrscheinlichkeitsfunktion formulieren konnten.

Es ist bei der großen Ähnlichkeit aller Glücksspiele leicht zu zeigen, daß diese Hypothese auch bei den anderen Spielen zur Anwendung kommt. Nehmen wir z. B. das Spiel mit der geworfenen Münze. Dabei gibt es zwei mögliche und gleichwahrscheinliche Fälle, je nachdem, ob *Kopf oder Wappen* oben liegt. Aber wieder liegt die wesentliche Hypothese nicht in der Münze, sondern in der Natur des *Bewegungsvorgangs*. Die Zeit, die von dem Abwerfen der Münze bis zu ihrem Niederfall verstreicht, und die für jeden Wurf verschieden ist, ergibt diesmal die Größe Ω, die wir als Abszisse der Figur auftragen. Die Einteilung in Intervalle erfolgt durch die Rotation der Münze; je nachdem, ob die Fallzeit etwas länger oder kürzer ist, kommt die Münze in dem durch Kopf oder Wappen charakterisierten Intervall zu Boden. Nun erfolgt allerdings die Rotation der Münze nicht mit gleichförmiger Geschwindigkeit, und dadurch werden die Intervalle ungleich groß. Aber wir dürfen annehmen, daß die Geschwindigkeit sich *stetig* ändert, und so werden benachbarte Intervalle nahezu gleich groß; die Figur sieht dann etwas anders aus als Figur 1, weil die Teilung $\Delta\Omega$ nach rechts immer größer wird, aber wegen der angenäherten Gleichheit benachbarter $\Delta\Omega$ läßt sich der Schluß auf Gleichheit der schraffierten und der nicht-schraffierten Fläche ebenso durchführen. Die beiden Seiten der Münze übernehmen also, den Sektoren des Roulettespiels entsprechend, nur *die Klassifizierung der Fallzeiten*, ihre Einteilung in zwei Scharen, und als charakteristische Hypothese bleibt die Existenz einer Wahrscheinlichkeitsfunktion für die Fallzeit. (Daß wir auch die Stetigkeit der Rotationsgeschwindigkeit voraussetzen müssen, ist keine für die Wahrscheinlichkeitsrechnung charakteristische Hypothese. Derartige Annahmen macht die Physik stets über ihre Größen, sie bedeuten, daß sich physikalische Größen nicht sprungweise ändern können, sondern alle Zwischenwerte durchlaufen. Wir dürfen also von dieser Voraussetzung Gebrauch machen, ohne damit ein neues Element in das Problem hineinzutragen. Es ist vielmehr zu erwarten, daß die allgemeinen Voraussetzungen, die die Physik jederzeit macht, auch für das Gebiet der Wahrscheinlichkeitsgesetze angewandt werden; nicht dies zu bestätigen ist unsere Aufgabe, sondern die *speziellen* Voraussetzungen zu finden, die für die Geltung der Wahrscheinlichkeitsgesetze notwendig sind.)

Für das *Würfelspiel* gilt die gleiche Betrachtung. Die Größe, für deren Wiederholung eine

Wahrscheinlichkeitsfunktion angesetzt wird, ist wieder die Fallzeit, und die Rotation des Würfels teilt stetig wachsende Intervalle ab, unter denen benachbarte nahezu gleich sind. Der Unterschied ist allein der, daß entsprechend den 6 Seiten eine Klassifizierung in 6 Scharen von Intervallen eintritt; wir müssen also in der Figur 6 aufeinanderfolgende Intervalle verschieden schraffieren und dann mit der Schraffierung von neuem beginnen; aber man kann für die 6 Flächen, die von den gleichschraffierten Intervallen eingenommen werden, ganz entsprechend beweisen, daß sie in der Grenze für unendlich kleine Intervalle einander gleich werden. Daß die Genauigkeit mit kleineren Intervallen wächst, ist eine praktisch anerkannte Erscheinung; denn man nimmt allgemein an, daß die Verteilung um so regelmäßiger ausfällt, je rascher der Würfel rotiert. Auch für dieses Glücksspiel läßt sich also die Hypothese der Wahrscheinlichkeitsfunktion als hinreichende Voraussetzung betrachten.

Wesentlich bleibt dabei immer, daß die Hypothese nur Stetigkeit der Wahrscheinlichkeitsfunktion verlangt, über ihre spezielle Form jedoch nichts voraussetzt.

Nun gibt es Fälle, für die man „aus dem Gefühl heraus" eine Wahrscheinlichkeitsfunktion der Form

$$f(x) = \text{const.}$$

ansetzt; es ist wichtig, daß man diese Form auch aus der bloßen Stetigkeit einer Wahrscheinlichkeitsfunktion, aber für eine andere Größe, ableiten kann. Um dies an einem Beispiel zu verdeutlichen, greifen wir wieder auf das Roulettespiel zurück. Wir hatten dort den Umdrehungswinkel Ω über 360° hinaus gemessen und die Existenz einer stetigen Wahrscheinlichkeitsfunktion $\varphi(\Omega)$ angenommen (Fig. 1). Nun entspricht jeder rote oder schwarze Sektor bereits einer Summe von Intervallen $\Delta\Omega$, und wenn man nicht mehr 2 Scharen abteilt, sondern, ähnlich wie beim Würfelspiel, so viel Scharen nimmt, wie Sektoren da sind, so ergibt sich für *jeden einzelnen* Sektor bereits die gleiche Summe schraffierter Flächenstreifen und damit die gleiche Wahrscheinlichkeit. Wir brauchen nicht mehr bis zu der größeren *Summe* der roten und der schwarzen Sektoren zu gehen. Würde man die Sektoren ungleich groß machen, so würde dem größeren Sektor eine in diesem Verhältnis größere schraffierte Fläche und damit eine entsprechend größere Wahrscheinlichkeit zukommen. D. h. die Wahrscheinlichkeit ist proportional dem Winkel des Sektors, und wenn man den Winkel jetzt *nicht* über 360° hinaus zählt und mit ϑ bezeichnet, so bedeutet dies, daß

$$\int \varphi(\vartheta)\, d\vartheta = k \cdot \vartheta$$

ist, wo k eine Konstante darstellt. Daraus folgt

$$\varphi(\vartheta) = k = \text{const.}$$

Wir erhalten also für die Größe ϑ eine Wahrscheinlichkeitsfunktion von der speziellen Form $\varphi(\vartheta) = \text{const.}$, wenn wir für die Größe Ω eine Wahrscheinlichkeitsfunktion $\varphi(\Omega)$ von beliebiger Form annehmen. So ist unter Umständen die Stetigkeitshypothese hinreichende Voraussetzung für das Auftreten einer ganz speziellen Wahrscheinlichkeitsform.

IV. Die Ausdehnung der Hypothese der Wahrscheinlichkeitsfunktion auf die Kombination mehrerer — voneinander unabhängiger — Ereignisse.

Die Wahrscheinlichkeitsrechnung begnügt sich nicht damit, die Gleichwahrscheinlichkeit der einzelnen Fälle zu statuieren. Ihr ganzer Aufbau entsteht vielmehr erst dadurch, daß sie die Kombination solcher Fälle vornimmt und die Wahrscheinlichkeit beliebiger Kombinationen berechnet, wenn die Wahrscheinlichkeit der Einzelfälle gegeben ist. Dabei benutzt sie das „Gesetz der zusammengesetzten Wahrscheinlichkeit", welches besagt, daß die Wahrscheinlichkeit einer Kombination gleich dem Produkt der Einzelwahrscheinlichkeiten ist, wenn die betrachteten Fälle voneinander unabhängig sind (Multiplikationstheorem). Es entsteht die Frage, welche physikalische Hypothese wir für das Zutreffen dieses Rechenverfahrens machen müssen. Ehe wir dazu schreiten, müssen wir jedoch genauer erklären, was unabhängige Vorgänge sind; denn dieser Begriff ist wesentlich für die Geltung des Gesetzes.

Wir beschreiben einen physikalischen Vorgang dadurch, daß wir die ihn charakterisierenden Bestimmungsstücke zueinander in Beziehung setzen; wir beobachten etwa an einem fallenden Stein eine bestimmte Geschwindigkeit und vergleichen sie mit der Zeit, während der der Stein bereits gefallen ist, und die dabei gefundene Relation $v = g \cdot t$ stellt eine Beschreibung des Fallvorganges dar. Wir sagen, daß die Geschwindigkeit eine Funktion der Fallzeit ist, oder einfacher, daß sie von der Fallzeit abhängig ist; und wir können das Erkenntnisverfahren der Physik geradezu als ein Suchen nach abhängigen Größen und der Art ihrer Abhängigkeit bezeichnen. Nun ist die Zahl der Abhängigkeitsrelationen sehr groß, so groß, daß es sogar ganz unmöglich ist, sie jemals zu erschöpfen; aber unter ihnen zeichnen sich einzelne dadurch aus, daß sie das Geschehen *vorherrschend charakterisieren*, und man gelangt zu Erkenntnissen bereits dadurch, daß man sich auf diese Relationen beschränkt. So besteht in unserem Beispiel des fallenden Körpers auch eine Relation zwischen der Geschwindigkeit und der Luftdichte, weil diese die Reibung beeinflußt; aber man kann feststellen, daß großen Änderungen der Luftdichte nur kleine Änderungen der Fallgeschwindigkeit entsprechen, und darum darf man diese Relation neben der ersten vernachlässigen. Bei einer genaueren Theorie des Falles wird man diese Einflüsse allerdings hinzuziehen; aber sie bedeuten doch nur eine Abhängigkeit von geringerem Grade und bleiben dadurch von der ersten Abhängigkeit unterschieden. Der Abhängigkeitsgrad kann jedoch noch weiter sinken. So ist

z. B. die Fallgeschwindigkeit auch abhängig von der Stellung des Mondes zur Erde, weil diese das Gravitationsfeld beeinflußt; aber hier entsprechen großen Änderungen des Mondortes bereits so überaus kleine Änderungen der Fallgeschwindigkeit, daß man praktisch von einer Abhängigkeit nicht mehr spricht. Prinzipiell muß allerdings festgehalten werden, daß es unabhängige physikalische Größen nicht gibt. Denn es gibt keine abgeschlossenen Systeme, jedes System steht durch seine Oberfläche mit anderen Systemen in Beziehung, diese wieder mit anderen usf., so daß alle Systeme schließlich in Beziehung zueinander stehen. Aber es lassen sich sehr niedrige, sogar beliebig niedrige Abhängigkeitsgrade aufzeigen, und es hat sich in der Physik eingebürgert, derartige gering verbundene Größen als unabhängig zu bezeichnen. Wir halten als Definition der Unabhängigkeit, richtiger des geringen Abhängigkeitsgrades, fest, daß großen Änderungen der einen Größe verschwindend kleine Änderungen der anderen Größe entsprechen.

Entsprechend können wir auch die Unabhängigkeit von *Vorgängen* definieren. Denken wir uns etwa 2 Körper nebeneinander zu Boden fallen. Jeden der beiden Fallvorgänge können wir dadurch charakterisieren, daß wir die Koordinaten des Schwerpunkts des Körpers als Funktion der Zeit darstellen, etwa indem wir angeben, zu dieser bestimmten Zeit besitzt der Körper diese bestimmte Höhe usw. In diesen Beziehungsgleichungen werden außer der Zeit noch andere Größen auftreten, die bestimmte Werte haben und die Funktion beeinflussen, z. B. die Anfangshöhe, der Luftwiderstand usw. Die Koordinaten selbst sind ebenfalls physikalische Größen, sie werden durch die Gleichung als unabhängig von den anderen Größen dargestellt. Was aber in diesen Gleichungen *nicht* vorkommt, ist eine Abhängigkeit zwischen den Koordinaten des einen Körpers und denen des anderen; der eine Körper mag eine beliebige Lage haben, die Koordinaten des anderen werden dadurch nicht beeinflußt. Das ist nun, streng genommen, wieder nicht richtig. So wird der eine Körper einen Luftstrom hervorrufen, der gleichzeitig seitlich saugt und den anderen Körper von seiner Bahn ablenken wird, so daß die Koordinaten dieses Körpers eine andere zeitliche Änderung zeigen, je nachdem, ob der erste Körper in der Nähe vorbeieilt oder nicht. Aber die Abhängigkeit dieser Größen wird von so geringem Grade sein, daß sie als Unabhängigkeit betrachtet werden kann. Wir werden danach zwei Vorgänge als unabhängig bezeichnen, wenn die den einen Vorgang charakterisierenden Bestimmungsstücke, z. B. die Koordinaten, unabhängig sind von den Bestimmungsstücken des anderen, d. h. nur verschwindende Änderungen erfahren, wenn die Bestimmungsstücke des anderen ganz verschiedene Werte annehmen.

Nach diesen grundsätzlichen Definitionen schreiten wir zu dem Problem der zusammengesetzten Wahrscheinlichkeit. Denken wir uns etwa zwei Geldstücke nebeneinander zu Boden geworfen; wir fragen nach der Wahrscheinlichkeit, daß bei beiden das Wappen nach oben kommt. Nach unserer Definition von Wahrscheinlichkeit bedeutet dies die Frage, wie oft in einer Reihe von Wiederholungen diese Kombination im Verhältnis zu den anderen möglichen Kombinationen vorkommt. Wir wissen, sofern unsere Hypothese der Wahrscheinlichkeitsfunktion gilt, daß für jede Münze Kopf und Wappen gleich häufig auftreten; können wir nun daraus ableiten, daß die Kombination Wappen-Wappen nach der bekannten Formel gerade in ¼ der Fälle eintrifft? Daß wir dies *nicht* können, erhellt aus folgender Überlegung. Wir denken uns die erste Münze wiederholt geworfen und die Resultate so ausfallend, daß sie dem Gesetz einer Wahrscheinlichkeitsfunktion für diese Münze entsprechen. Würde nun die zweite Münze, gleichfalls geworfen, stets denselben Wurf ergeben wie die erste, so würden ihre Resultate ebensogut einer Wahrscheinlichkeitsfunktion entsprechen; aber für die Kombinationen ergäbe sich das befremdliche Gesetz, daß nur entweder Kopf-Kopf oder Wappen-Wappen auftritt. Wir hätten also eine Verteilung, bei der jeder einzelne Vorgang durch eine Wahrscheinlichkeitsfunktion geregelt ist, die aber nicht dem Multiplikationstheorem der Wahrscheinlichkeiten entspricht. Damit ist bewiesen, daß die Hypothese der Wahrscheinlichkeitsfunktion für das Multiplikationstheorem nicht die hinreichende Voraussetzung ist.

Seien x und y die Werte der Fallzeit für die erste und zweite Münze. Wir machen nun folgende Hypothese: Es existiert eine Wahrscheinlichkeitsfunktion

$$\varphi(x, y),$$

welche jeder Kombination von Werten x, y eine Wahrscheinlichkeit genau so zuordnet, wir wir es für die einfache Wahrscheinlichkeitsfunktion definiert haben, d. h. die Wahrscheinlichkeit, daß x zwischen den Grenzen a und b und gleichzeitig y zwischen den Grenzen c und d liegt, sei gegeben durch das Doppelintegral

$$W = \int_a^b \int_c^d \varphi(x, y)\, dx\, dy$$

Mit dieser Voraussetzung können wir das Multiplikationstheorem der Wahrscheinlichkeiten ableiten. Wir denken uns die Werte x auf der X-Achse, die y auf der Y-Achse eines Koordinatenkreuzes aufgetragen (Fig. 2), jede Achse in Intervalle[1]) geteilt und diesen entsprechend ein Netz von Rechtecken gezogen. Über jedem Rechteck denken wir uns die zugehörige Wahrscheinlichkeit, daß also x gerade in diesem Intervall Δx und gleichzeitig y gerade in dem zuge-

[1]) Der Einfachheit halber zeichnen wir die Intervalle gleich groß, d. h. wir denken uns die Rotationsgeschwindigkeit der Münze konstant. Dasselbe Resultat läßt sich natürlich auch für die allgemeinere Voraussetzung der Stetigkeit dieser Geschwindigkeit ableiten.

hörigen Δy liegt, durch eine prismatische Säule dargestellt. Die Kuppen dieser Säulen werden in einer gekrümmten Fläche liegen; wir nehmen noch die Voraussetzung hinzu, daß diese Fläche zwar von beliebiger Krümmung, aber stetig ist, und daß sie sich für entfernte Gebiete der x-y-Ebene asymptotisch nähert. Die Streifen der Intervalle in der x-y-Ebene sind wieder abwechselnd schraffiert. Wir betrachten nun die stark umrahmte Schnittfigur von vier Streifen; darin entspricht das weiße Rechteck der Kombination Wappen-Wappen, das doppelt schraffierte Rechteck der Kombination Kopf-Kopf, und die beiden einfach schraffierten Rechtecke den beiden gemischten Kombinationen. Da $\varphi(x, y)$ durch eine stetige Fläche dargestellt ist, so werden die prismatischen Säulen über diesen vier Rechtecken bei genügender Kleinheit der Intervalle nahezu gleich, und wenn auch die Säulen an verschiedenen Stellen der Ebene ganz verschieden hoch sind, so werden doch die 4 Summen, die bei der Addition der Säulen über gleich schraffierten

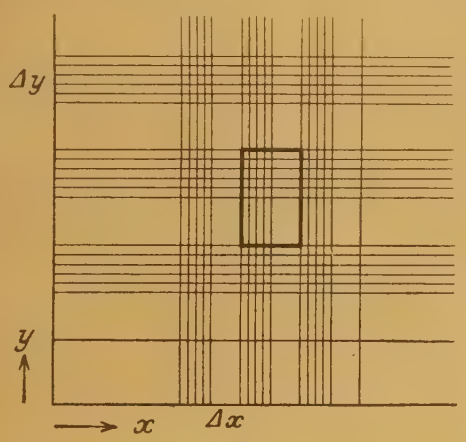


Fig. 2.
Zur Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Eintretens zweier voneinander unabhängiger Ereignisse.

Rechtecken entstehen, nahezu gleich; in der Grenze für unendlich kleine Intervalle werden sie genau gleich groß. Endlich sind diese Summen, weil wegen des asymptotischen Verlaufs der Fläche der Raum zwischen ihr und der x-y-Ebene endlich ist. Die Wahrscheinlichkeiten der Kombinationen entsprechen diesen Summen; für die Kombination Wappen-Wappen ergibt sich ¼, für die gemischten Kombinationen $¼ + ¼ = ½$, und für Kopf-Kopf entsteht ebenfalls ¼.

Wir können jedoch aus unseren Voraussetzungen noch ein weiteres Resultat ableiten. Wir müssen verlangen, daß neben der Existenz von $\varphi(x, y)$ unsere alte Hypothese gilt, daß also *außerdem* für jede Größe, x sowohl wie y, eine Wahrscheinlichkeitsfunktion $f(x)$ bzw. $f(y)$ existiert, welche die Verteilung dieser Größen *gleichzeitig* bestimmt. Wir können dann für $\varphi(x, y)$ die spezielle Form $\varphi(x, y) = f(x) \cdot f(y)$ ableiten, die das Multiplikationstheorem der Wahrscheinlichkeitsfunktionen vorschreibt, wenn wir noch annehmen, daß die beiden Größen voneinander *unabhängig* sind[1]).

Zum Beweise denken wir uns zunächst $x = x_0 = \text{konst.}$ festgehalten, so daß die Funktion die Form $\varphi(x_0, y)$ annimmt. Dabei entsteht eine Verteilung von Kombinationen x_0, y, bei der x überall dasselbe ist und allein y variiert, so daß dies allein für die y eine Verteilung bedeutet. Die Anzahl der Werte y für jedes beliebige Intervall ist aber gleich der Anzahl der Werte (x_0, y). Sind nun die Vorgänge unabhängig, so werden (nach Definition) die Werte y nicht beeinflußt durch die Werte x; es muß also dieselbe Verteilung y entstehen, gleichgültig, ob x variiert oder $x = x_0$ konstant bleibt, oder der Vorgang x überhaupt nicht stattfindet. Darum muß die durch $\varphi(x_0, y)$ dargestellte Verteilung der y in jedem Punkt der durch $f(y)$ gegebenen Verteilung entsprechen, ihr also proportional sein; der dabei auftretende Proportionalitätsfaktor k kann noch von x_0, nicht aber von y abhängen. Also gilt, als charakteristisch für unabhängige Vorgänge,

$$\varphi(x_0 \cdot y) = k(x_0)\, f(y)$$

Da dies für jedes beliebige $x = x_0$ gilt (das ist wieder die Forderung der Unabhängigkeit), muß dies eine Identität sein, und wir schreiben

$$\varphi(x \cdot y) \equiv k(x)\, f(y).$$

Dieselbe Überlegung gilt, wenn $y = y_0$ konstant bleibt und x variiert, so daß ebenfalls gilt:

$$\varphi(x \cdot y) \equiv f(x)\, k(y).$$

Daraus folgt:

$$k(x) = f(x); \qquad k(y) = f(y);$$

also:

$$\varphi(x \cdot y) = f(x)\, f(y).$$

Wesentlich für diesen Beweis ist die Forderung der Unabhängigkeit der beiden Vorgänge. Denken wir uns z. B. einen Körper auf rauhem Boden beliebig hin- und hergestoßen, so daß seine Lage durch eine Wahrscheinlichkeitsfunktion bestimmt ist, und mit ihm durch eine federnde Kupplung verbunden einen zweiten Körper, der auf dem rauhen Boden sprungweise gleitet. Dann wird auch für den zweiten Körper eine Wahrscheinlichkeitsfunktion existieren, und es wird sogar für die Kombination ihrer Lagen eine Wahrscheinlichkeitsfunktion $\varphi(x, y)$ existieren. Aber diese wird nicht die spezielle Form $f(x) \cdot f(y)$ haben, sondern bestimmte Kombinationen, für die der räumliche Abstand von x bis y der mittleren Länge der Kupplung entspricht, werden bevorzugt sein. In diesem Fall ist eben die Bedingung der Unabhängigkeit nicht erfüllt. Es ist nur natürlich, daß diese als Forderung in unsere Ableitung eingeht, denn sie wird auch von der geltenden Wahrscheinlichkeitsrechnung für das Multiplikationstheorem vorausgesetzt.

Das Multiplikationstheorem zwingt uns also, die Hypothese der Wahrscheinlichkeitsfunktion zu erweitern und auf die Kombination mehrerer Argumente auszudehnen. Es leuchtet ein, daß wir nicht bei der Anzahl zwei stehen bleiben dürfen, da auch die Kombination mehrerer Ereignisse geregelt werden muß. Wieder aber

[1]) Da diese Ableitung in der genannten Arbeit von mir nicht scharf genug formuliert worden ist, sei sie hier ausführlich gegeben.

braucht nur die Stetigkeit der Funktion, nicht irgendein spezieller Wert, gefordert zu werden. Die spezielle Produktform läßt sich für den besonderen Fall der Unabhängigkeit aus der allgemeinen Form ableiten. Indem wir die Erweiterung in den ursprünglichen Begriff aufnehmen, dürfen wir jetzt sagen: *die Existenz der Wahrscheinlichkeitsfunktion für eine oder mehrere Veränderliche stellt die hinreichende Voraussetzung dar für die Anwendbarkeit der Wahrscheinlichkeitsgesetze.*

Es ist zu beachten, daß wir aus der Stetigkeit von $\varphi(x, y)$ bereits das Multiplikationstheorem für Wahrscheinlichkeiten ableiten konnten, die sich nach dem Schema der geworfenen Münze darstellen lassen, daß wir dazu also die spezielle Produktform von $\varphi(x, y)$, d. i. das Multiplikationstheorem der Wahrscheinlichkeits*funktionen*, nicht brauchten. Es scheint deshalb, als ob für das erste Multiplikationstheorem die Unabhängigkeit der Vorgänge nicht vorausgesetzt zu werden brauchte, die für das zweite verlangt wird. Das ist jedoch ein Irrtum. Mit der Stetigkeit von $\varphi(x, y)$ wird bereits vorausgesetzt, daß eine Abhängigkeit zwischen den Intervallen der einen Größe und denen der anderen nicht existiert, d. h. daß nicht ein Intervall „Wappen" der einen Reihe wieder ein Intervall „Wappen" der anderen Reihe zur Folge hat. Wäre dies der Fall, so würde bei Verkleinerung der Intervalle eine Annäherung der prismatischen Säulen niemals stattfinden. Durch die Stetigkeit der Funktion ist dies ausgeschlossen. Dies ist die Unabhängigkeit, die allein für die Multiplikation einfacher Wahrscheinlichkeiten zu gelten hat. Im übrigen dürften die Größen allerdings abhängig sein, und aus dem geschilderten Mechanismus der federnd gekuppelten Körper ließe sich bei geeigneter Teilung in Intervalle ebenfalls das Schema für die einfache Multiplikation ableiten. Erst das Multiplikationstheorem der Funktionen verlangt Unabhängigkeit der ganzen Vorgänge.

V. Die Wahrscheinlichkeitsfunktion in der Theorie der Messungsfehler (Gaußsche Fehlerfunktion).

In der Theorie der Beobachtungsfehler spielen die Wahrscheinlichkeitsfunktionen eine bevorzugte Rolle. Diese Theorie hat die Aufgabe, aus zahlreichen voneinander verschiedenen Meßresultaten denjenigen Wert zu berechnen, der der gesuchten Größe am besten entspricht; dazu muß sie eine Annahme über die Verteilung der Messungsfehler machen, und obgleich sie über diese Fehler nur sehr allgemeine Vermutungen aufstellen kann, muß sie auf ganz spezielle Formen des Verteilungsgesetzes schließen, wenn sie überhaupt zu Resultaten kommen will. Dabei muß beachtet werden, daß der Fehler der einzelnen Messung auf dem Zusammenwirken sehr vieler Fehlerquellen (Elementarfehler) beruht. Die bedeutendste Lösung des Problems stellt die Gaußsche Fehlerfunktion dar, in welcher die Wahrscheinlichkeit eines Fehlers in exponentieller Form von seiner Größe abhängig gemacht wird[1]).

Es gibt verschiedene Voraussetzungen, unter denen man diese spezielle Form ableiten kann. Für unsere Betrachtungen wichtig ist die Tatsache, daß man das Gaußsche Gesetz auf folgende drei Bedingungen bauen kann:

1. Die Häufigkeit jedes Elementarfehlers ist durch eine Wahrscheinlichkeitsfunktion von beliebiger Form bestimmt.
2. Diese Funktionen setzen sich nach dem Multiplikationstheorem zusammen.
3. Es müssen sehr viele, voneinander unabhängige Fehler gleicher Größenordnung zusammenwirken.

Man erkennt, daß die erste Bedingung mit unserer ersten Hypothese identisch ist, und die zweite nach der gegebenen Ableitung auf die erweiterte Hypothese für die Wahrscheinlichkeitsfunktion von Kombinationen zurückgeführt werden kann. Die dritte Bedingung stellt im Gegensatz dazu keine prinzipielle Voraussetzung, sondern eine Annahme dar, die nur unter gewissen Umständen erfüllt ist; ob diese Umstände gegeben sind, läßt sich empirisch konstatieren, und nur für diese Fälle gilt dann das Gaußsche Gesetz. Dieses Gesetz ist eben eine Spezialform, die keineswegs ein allgemeines Prinzip darstellt und nicht in den Vordergrund der Betrachtung geschoben werden darf. Seine praktische Bedeutung hat das Gesetz daher, daß die modernen Meßinstrumente in ihrem komplizierten Bau zahlreiche Fehlerquellen zusammenführen und so die dritte Bedingung erfüllen; daher die Vielheit seiner Verwendung.

Ähnlich liegt es mit der sogenannten „Hypothese des arithmetischen Mittels", nach welcher der Mittelwert der Messungen mit größter Wahrscheinlichkeit der gesuchten Größe entspricht. Dieses Gesetz ist immer dann erfüllt, wenn das Gaußsche Fehlergesetz gilt; aus diesem folgt es durch eine sehr einfache mathematische Operation. Aber damit ist auch gesagt, daß es an dieselben Bedingungen geknüpft ist wie das Gaußsche Exponentialgesetz; ist die dritte Bedingung nicht erfüllt, so ist auch das Verfahren des arithmetischen Mittels nicht anwendbar. Danach ist es nicht zweckmäßig, von einer Hypothese des arithmetischen Mittels zu sprechen. Hypothetisch nennt man besser nur die weiter zurückliegenden Voraussetzungen.

Daraus ergibt sich, daß auch die Fehlertheorie keine neuen Hypothesen für die Anwendbarkeit von Wahrscheinlichkeitsgesetzen enthält. Sie führt uns vielmehr auf diejenigen Voraussetzungen, die wir aus einfachen Beispielen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen bereits entwickelten.

---

[1]) Sie lautet, wenn x die Fehlergröße bezeichnet:

$$\varphi(x) = \frac{h}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-h^2(x-a)^2}$$

a ist der „systematische Fehler", h das „Präzisionsmaß".

Wir wollen damit unsere Durchmusterung physikalischer Wahrscheinlichkeitsprobleme abschließen. Wir sind zu dem Resultat gelangt, daß alle diese Probleme eine eigentümliche Hypothese einschließen, die wir als Prinzip der Wahrscheinlichkeitsfunktion formulieren konnten und die das Gesetz der Wahrscheinlichkeit darstellt. Es wird unsere nächste Aufgabe sein, die Berechtigung dieser Hypothese zu prüfen; die Kritik der Hypothese wird die Antwort auf das philosophische Problem der Wahrscheinlichkeit darstellen.

Besprechungen.

Brockmann-Jerosch, H., Baumgrenze und Klimacharakter. Zürich, Rascher & Cie., 1919. Pflanzengeographische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft; Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme 6. Mit einer farbigen Tafel und 18 Textfiguren. Preis Frcs. 8,—.

Das Problem der Baumgrenze hat die Botanik seit langem beschäftigt, ohne daß es bisher gelungen wäre, es befriedigend zu lösen. *Brockmann-Jerosch* untersucht nun, ausgehend von den Verhältnissen in den Schweizer Alpen, die alpine Baumgrenze und setzt sie in Vergleich mit der polaren.

Die Baumgrenze verläuft in den nördlichen Alpenketten zwischen 1725 m ü. M. (Säntis) und 1880 m (Guttannen), erhebt sich in den zentralen Alpen auf 2000 m (Churwalden, Braggio, Leukerbad, Leysin) bis 2400 m (Zermatt, Simplon), um in den südlichen Alpenketten auf 1950 m (Pasturo, Sotto-Ceneri) abzusinken. Dieses auffällige starke Ansteigen der alpinen Baumgrenze in den Zentralalpen läßt sich nun weder durch Temperatur-, noch durch Niederschlags-, noch durch die Bodenverhältnisse erklären. Auch mit dem Verlauf der Schneegrenze hängt die Baumgrenze nicht zusammen, denn man kann z. B. am Mt. Rainier im Kaskadengebirge feststellen, daß die bei etwa 2000 m liegende Schneegrenze um etwa 250 m hinter der Baumgrenze zurückbleibt. Auch der Wind kommt als alleinwirkender Faktor nicht in Frage. Nur die Gesamtwirkung der klimatischen Faktoren, der *Klimacharakter*, kann eine ausreichende Erklärung geben. Massenerhebung, Klimacharakter, Wald- und Baumgrenze stehen in engstem Zusammenhange: Größere Massenerhebung, wie in den Zentralalpen, bedingt einen kontinentaleren Klimacharakter und dieser wieder eine Förderung der Ausdehnung des Baumwuchses. Die Wirkungsweise des Klimacharakters läßt sich dahin zusammenfassen, daß bei gleicher, verhältnismäßig niedriger Durchschnittstemperatur eine Funktion des Pflanzenkörpers, z. B. Assimilation, im kontinentalen Klima viel eher möglich ist als im ozeanischen. Der kontinentale Klimacharakter mit seinen größeren Temperaturschwankungen, reicherer Sonnenwirkung und günstigerer Verteilung der Niederschläge wirkt fördernd auf die Entwicklung des Baumwuchses, dagegen wirkt das ozeanische Klima mit seiner geringeren Belichtung infolge stärkerer Bewölkung und seinen gleichmäßig über das ganze Jahr verteilten Niederschlägen bei nicht ausreichend hohen Temperaturen ungünstig.

Das mehr ozeanische Klima der nördlichen und südlichen Alpenketten drückt die alpine Baumgrenze gegen die kontinentalen Zentralalpen herab.

Vergleicht man hiermit nun den Verlauf der polaren Baumgrenze, so zeigt sich ein ausgesprochener Parallelismus. Nicht der Meereswind wirkt baumfeindlich, sondern das ozeanische Küsten- oder Inselklima. Der ozeanische Klimacharakter drückt in den Gebirgen Englands (Penninen) die klimatische Baumgrenze auf etwa 600 m herab (gegenwärtig durch den Einfluß des Menschen liegt die Baumgrenze bei 4—500 m), macht die noch gar nicht sehr nördlich (bei 59 °, 60 °, 62 ° n. Br.) liegenden Orkney-, Shetlandsinseln und Faröer trotz ihres milden Klimas baumlos. Auch auf Island zeigt sich der gleiche Einfluß: der wärmere, mildere, stärker ozeanische Westen ist baumlos, der rauhere, mehr kontinentale Norden, Osten und das Innere zeigen stellenweise bis 550 m ü. M. Baumwuchs. Auch in Fennoskandien, auf Kola, im europäischen Rußland und in Sibirien läßt sich die entsprechende, die polare Baumgrenze stark äquatorwärts verschiebende Wirkung des ozeanischen Klimacharakters verfolgen. Der ewig gefrorene Boden ist auf den Verlauf der polaren Baumgrenze ganz *ohne* Einfluß. Wenn auch im europäischen Nordrußland die polare Baumgrenze mit der Südgrenze des ewig gefrorenen Bodens auf große Strecken zusammenfällt, so ist hier die Ursache des Zurückdrängens der Baumgrenze nach Süden das ozeanische Klima. Denn im arktischen Sibirien finden wir [illegible] ordentlich weites Vorstoßen der polaren [illegible] nach Norden (bis 70 ° 10 ′ n. Br. in [illegible] bei Tolstoj-Noß, und sogar bis 72 ° 40 ′ n. [illegible] Ostsibirien an der unteren Chatanga), während [illegible] zeitig unter denselben Längengraden die Südgrenze des ewig gefrorenen Bodens im oberen Amurgebiet bis 47 ° n. Br. nach Süden vorstößt. Üppige Waldgebiete, die ein Areal bedecken, das größer ist als das ganze europäische Rußland, stehen in Sibirien auf ewig gefrorenem Boden.

Verfolgt man den Verlauf der polaren Baumgrenze in Eurasien, so zeigt sich, daß die weitesten Vorstöße nach Norden zusammenfallen mit den großen Landkomplexen Sibiriens mit ihrem kontinentalen Klimacharakter und daß überall dort, wo sich ozeanischer Klimacharakter bemerkbar macht, die polare Baumgrenze weit nach Süden ausbiegt. So senkt sich die Baumgrenze unter dem Einfluß des Pazifischen Ozeans scharf nach Süden und biegt sogar bei 70 ° östl. L. jäh nach SW um und erreicht bei 60 ° n. Br. das Nordende von Kamtschatka. Bis 50 ° n. Br. senkt sich die Baumgrenze auf den Aleuten. Entsprechend liegen die Verhältnisse im arktischen Nordamerika, wo die polare Baumgrenze unter dem Einfluß des Seeklimas an der Nordspitze von Neufundland bei 51 ° 53 ′ n. Br. ihren südlichsten Punkt erreicht.

Wesentlich anders liegen dagegen die Verhältnisse bei der südpolaren Baumgrenze: alle Kontinente laufen nach Süden spitz aus oder bleiben schon in sehr niedrigen Breiten zurück (Afrika und Australien schon bei 40 ° s. Br.). Trotz seiner sturmgepeitschten Küsten ist der am weitesten polwärts reichende südamerikanische Kontinent bis an die Südostspitze, bis auf die letzte Insel, mit immergrünem Wald bestanden. Dagegen sind die Falklandsinseln baumlos. Die polare Baumgrenze verläuft also zwischen diesen Inseln und dem Festland. Die Inseln zwischen Südamerika und Afrika (Tristan da Cunha und Diego Alvarez) liegen zwar noch im baumhaften Gebiete, können aber von der polaren Baumgrenze nicht weit entfernt sein. Dagegen liegen die Inseln südlich von Afrika (Bouvet-, Prinz-Edward- und Marion-, Croset-Inseln) jenseits der

Baumgrenze. Von den Inseln im südlichen Indischen Ozean gehört Neu-Amsterdam noch zum baumhaften Gebiete, St. Paul bereits zur Antarktis. Hier erreicht die südpolare Baumgrenze zwischen 37° 50′ und 38° 43′ s. Br. (Höhe von Sizilien!) ihre größte Annäherung an den Äquator. Südostaustralien und Tasmanien zeigen reichen Baumwuchs; die alpine Baumgrenze verläuft hier zwischen 1100 und 2100 m. Auch Neuseeland und die südlich davon gelegenen Steward-, Snares-, Auckland- und Campbell-Inseln gehören noch zum baumhaften Gebiete, dagegen die völlig baumlosen Marquarie-Inseln zur Antarktis. Bei den Inseln östlich von Neuseeland verläuft die Baumgrenze zwischen den noch baumhaften Chatam- und den bereits baumlosen Antipoden-Inseln.

Es wiederholen sich bei der südpolaren Baumgrenze also die gleichen Erscheinungen, wie bei der nordpolaren und alpinen: den weitesten Vorstoß zum Südpol zeigt die südpolare Baumgrenze bei 56° s. Br. (südlich Kap Horn) in der Nähe des Kontinentes, und je stärker der ozeanische Klimacharakter hervortritt, um so mehr weicht die Baumgrenze dem Pole aus.

Außerordentlich instruktiv ist nun ein Vergleich der Mitteltemperaturen an der polaren Baumgrenze, aus dem sich folgende Extreme ergeben: Die höchsten Mitteltemperaturen liegen in der Antarktis bei 38° 43′ s. Br. auf St. Paul mit einem Jahresmittel von + 12,6° C, einer Mitteltemperatur des kältesten Monats mit — 10,7° C und des wärmsten Monats mit + 14,5° C. Die tiefsten Mitteltemperaturen herrschen dagegen in der Arktis bei 70° 10′ n. Br. bei Tolstoj Paß in Nordsibirien mit — 13,3° C Jahresmittel, — 33,8° C Mitteltemperatur des kältesten und + 8,8° C des wärmsten Monats. Vergleicht man hiermit die tiefsten Mitteltemperaturen im baumhaften Gebiete, so findet man sie am Kältepol der Erde in Werchojansk im inneren Ostsibirien bei 67° 33′ n. Br. mit — 16,3° C Jahresmittel, — 50,5° C Mitteltemperatur des kältesten Monats, und im Orange Bay am Kap Horn (55° 31′ s. Br.) mit + 8,9° C Mitteltemperatur des wärmsten Monats.

Die 10° C-Juli-Isotherme zeigt in ihrem Verlauf noch die größte Ähnlichkeit mit dem Verlauf der Baumgrenze; doch ergibt sich, daß eine Juli-Mitteltemperatur von + 10° C im ozeanischen Klima *nicht ausreicht*, um Baumwuchs zu erzeugen, daß andererseits im kontinentalen Klima der Baumwuchs mit einer noch geringeren Julitemperatur auskommen kann.

Der kontinentale Klimacharakter wirkt einerseits quantitativ fördernd auf den Baumwuchs, indem er die Baumgrenze polwärts verschiebt und in den Gebirgen höher ansteigen läßt, andererseits aber qualitativ auslesend, indem er nur wenige Holzarten gedeihen läßt. Umgekehrt wirkt der ozeanische Klimacharakter: er drängt zwar quantitativ den Baumwuchs zurück, läßt aber viel mehr Arten bis zur Baumgrenze vordringen, vor allem Arten mit den verschiedensten Ansprüchen gedeihen. So findet man z. B. auf den britischen Inseln auf engstem Raume „subtropische" Gewächse wie *Adiantum capillus Veneris, Rubia peregrina* unmittelbar neben „arktischen" Arten wie *Dryas octopetala, Salix herbacea* u. a. Das ozeanische Klima verwischt die Grenzen der Höhenstufen und Pflanzengemeinschaften. Für die Deutung der paläontologischen Funde der *Dryas*flora aus dem Diluvium ist dies zu beachten.

Liegt die Baumgrenze im ausgesprochenen ozeanischen Klimacharakter, so herrschen sowohl an der alpinen, wie an der polaren Baumgrenze immergrüne Laubbäume vom Lorbeertypus, wie auf der südlichen Halbkugel. Im ozeanischen Klima auf der nördlichen Halbkugel herrschen an der Baumgrenze laubabwerfende Laubhölzer wie *Populus balsamifera, Betula pubescens, Salix, Alnus, Acer* (Alpen). Im kontinentalen Klima bilden dagegen Nadelhölzer die Baumgrenze, wie *Pinus cenbra, P. silvestris, Picea* u. a. Im extrem kontinentalen Klima herrschen an der Baumgrenze laubwechselnde Nadelhölzer der Gattung *Larix*.

Scharf geschieden ist von der alpinen und polaren Baumgrenze die kontinentale, wie sie sich im Innern der großen Kontinente findet.

Als eine der wichtigsten Schlußfolgerungen ergibt sich aus den Untersuchungen *Brockmann-Jeroschs*, daß das Liebigsche Gesetz vom Minimum auch für die Lebensformen gilt: *Der in geringster Menge zur Verfügung stehende Faktor prägt die Lebensform.* Im tropischen Regenwalde ist das Licht der am spärlichsten vorhandene Faktor; infolgedessen werden alle Lebensformen bestimmt durch den Kampf ums Licht. Ohne wesentlichen Einfluß auf das Mengenverhältnis und die Ausbildung der Lebensformen bleiben dagegen die Extreme klimatischer Faktoren. Demgemäß können diese auch nicht die Baumgrenze bestimmen, wohl aber sind die Optima, besonders der Wärme, von Einfluß, ohne daß es möglich wäre, diese Wirkung zahlenmäßig zu erfassen und darzustellen. Nur der Klimacharakter kann den Verlauf der Baumgrenze erklären.

Zum Schluß wird der Versuch gemacht, an der Hand eines Schemas eines idealen Kontinents die Verteilung und Folge der durch den Klimacharakter bedingten Pflanzengesellschaften darzustellen und an der Hand einer farbigen Weltkarte ihre Verbreitung über die Erde zu erläutern. Es würde zu weit führen, auf diesen Abschnitt noch näher einzugehen; es sei nur hervorgehoben, daß die von *Brockmann-Jerosch* dargestellten klimatisch bedingten Gebiete sich mit den bisher pflanzengeographisch angenommenen nicht überall decken.

E. Ulbrich, Berlin-Dahlem.

Hegi, G., Illustrierte Flora von Mitteleuropa, mit besonderer Berücksichtigung von Deutschland, Österreich und der Schweiz. München, J. F. Lehmanns Verlag, 1919. IV. Band, 38. Lieferung Preis M. 5,25; 39. Lieferung Preis M. 10,50.

Mit diesen beiden umfangreichen Lieferungen (S. 193—491) liegt die erste Hälfte des 4. Bandes abgeschlossen vor. Sie umfassen den Schluß der Cruciferen, *Isatis tinctoria* bis *Bunias*, die Familie der *Resedaceae, Capparidaceae* und *Moringaceae*, von denen die beiden letztgenannten im Gebiete der Flora nicht wildwachsend vorkommen. Besonders wertvoll ist die eingehende Darstellung der als Kulturpflanzen gebräuchlichen Cruciferen der Gattungen *Sinapis, Brassica, Raphanus* u. a. Der Lieferung 38 ist eine, der 39. Lieferung sind zwei farbige und zwei schwarze Tafeln beigegeben, deren Ausführung vortrefflich ist. Besonders zahlreiche Textabbildungen, namentlich auch von den zahlreichen Kulturformen der Cruciferen, sind beigegeben, welche das Erkennen und Unterscheiden der vielfach recht schwierigen Cruciferenformen wesentlich erleichtern. Der Preis der dreifachen Lieferung 38 beträgt 5,25 M., der der doppelt so starken Lieferung 39 10,50 M. und ist den Verhältnissen entsprechend sehr mäßig. Die Anschaffung des prächtigen Werkes, dessen Abschluß Ende des Jahres zu erwarten ist, kann allen Freunden der Pflanzenwelt Deutschlands, insbesondere Bibliotheken, Schulen und anderen Lehranstalten dringend empfohlen werden.

E. Ulbrich, Berlin-Dahlem.

Hegi, G., Alpenflora. Die verbreitetsten Alpenflanzen von Bayern, Österreich und der Schweiz. 4. Aufl. München, J. F. Lehmanns Verlag, 1919. Mit 221 farbigen Figuren auf 30 Tafeln. Preis M. 7,50.

Die neue Auflage der beliebten kleinen Alpenflora weist verschiedene Verbesserungen gegenüber den vorherigen Auflagen auf, die den Wert des Werkes erhöhen. Trotz der großen Schwierigkeiten, welche die gegenwärtigen Verhältnisse bedingen, sind die prächtigen Tafeln, welche die wichtigsten Alpenpflanzen in naturgetreuester Darstellung bringen, wieder vortrefflich gelungen. Das Buch wird allen Freunden der herrlichen Pflanzenwelt unserer Alpenländer ein willkommener und zuverlässiger Führer und Berater sein. Die äußere Ausstattung hat unter dem Einfluß des Rohstoffmangels insofern geändert werden müssen, als der Leinenband hat einem Pappband weichen müssen. Die infolge der außerordentlichen Steigerung der Herstellungskosten notwendige Erhöhung des Preises wird der Verbreitung des Buches nicht hinderlich sein, das in keiner Bibliothek fehlen sollte.

E. Ulbrich, Berlin-Dahlem.

Neger, F. W., Die Krankheiten unserer Waldbäume und wichtigsten Gartengehölze. Ein kurzgefaßtes Lehrbuch für Forstleute und Studierende der Forstwissenschaft. Stuttgart, Ferd. Enke, 1919. VIII, 286 S. und 294 in den Text gedruckte Abbildungen. Preis geh. M. 27,60, geb. M. 30,—.

Seit *Hartigs* Lehrbuch der Baumkrankheiten ist kein Werk mehr über diese erschienen. Es fehlte an einem Buch, das den heutigen Stand unseres Wissens von jenen in einer den Interessen des Forstmanns entsprechenden Form zum Ausdruck brächte. Der Verfasser hat sich bemüht, mit dem vorliegenden Werk diese Lücke zu füllen. Er legt dem Forstmann und dem Botaniker eine außerordentlich inhaltsreiche, ausgezeichnet illustrierte Arbeit vor.

Das Buch behandelt — nach einigen einleitenden Bemerkungen über das Wesen der Krankheit — „die nicht-parasitären Krankheiten der Waldbäume“ und die „durch parasitisch lebende Pflanzen verursachten Baumkrankheiten“. Die durch Tiere hervorgerufenen Schädigungen der Waldbäume werden nicht behandelt und nur gelegentlich (z. B. bei der Weißpunktkrankheit) erwähnt. Den Schluß macht ein Schlüssel zum Bestimmen der Krankheiten nach Wirtspflanzen und Hauptsymptomen.

Der Verfasser hat durch viele pflanzenphysiologische Betrachtungen, durch einen Abriß der pathologischen Pflanzenanatomie, durch zahlreiche Mitteilungen biologischen Inhalts und durch mehrere Kapitel allgemeinen Inhalts (Altern und Tod, allgemeine Einleitung über Parasiten und Wirte, Disposition und Immunität usw.) sein Buch anregend und vielseitig gestaltet. Freilich konnte nicht alles, was in so weitspannenden Rahmen gehört, gleich eingehend behandelt werden. Die Gründe, aus welchen sich der Verfasser oft auf die Erwähnung einzelner ausgewählter Arbeiten pflanzenphysiologischen Inhalts beschränkt, waren für den Ref. nicht immer ersichtlich. Hier und da wäre vielleicht bei den physiologischen Erörterungen ein reichlicheres Maß von Kritik angezeigt gewesen. Der Stand unseres Wissens über Natur und Bedeutung der Schattenblätter ist mehr angedeutet als erklärt, und die vom Ref. vorgetragene Meinung von ihrem Wesen kann auf des Verfassers Angaben hin leicht mißverstanden werden.

Mit großer Befriedigung nimmt der Leser von der ausgezeichneten Ausstattung Kenntnis, die der Verleger dem Buch gegeben hat. Sie wird ihm viele Freunde werben helfen.

E. Küster, Bonn.

Roth, August, Die Vegetation des Walenseegebiets. — Pflanzengeographische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme 7. — Mit einer Vegetationskarte und einer Höhenverbreitungstafel. Zürich, Rascher & Cie., 1919. 60 S.

In dieser neuen Veröffentlichung der Pflanzengeographischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft stellt *Roth* die Vegetation des Walenseegebietes knapp und übersichtlich dar. Er weist in der Flora und in der Lage der Höhenstufengrenzen die Wirkung des ozeanischen Klimas der Walenseegegend nach und arbeitet in allen Beständen den Gegensatz heraus, der zwischen dem Südabfall am Nordufer und der nordwärts gewandten Abdachung des südlichen Gebietsteiles besteht. Die beigegebene farbige Karte 1 : 50 000 ist sehr willkommen; sie ist reich an Inhalt und doch gut zu überblicken.

L. Diels, Berlin-Dahlem.

Zuschriften an die Herausgeber.

Die Elektronenanordnung in den Elementen der großen Perioden.

Erst nach Abschluß meines Aufsatzes (Naturw. *8*, S. 5, 1920) erhielt ich Kenntnis von den Mitteilungen der Herren *St. Meyer* (Wien. Ber. IIa, Bd. *124*, S. 249, 1915) und *H. Baerwald* (Naturw. *7*, 694 u. 994, 1919), in denen auf die Unregelmäßigkeiten in der Atomvolumenkurve bei *P*, *As*, *Sn* und *Pb* (vgl. z. B. Tafel 2 meines zitierten Aufsatzes) hingewiesen und hieraus auf eine Unterteilung der Bohrschen Ringe bei der Elektronenzahl 5 (oder 4?) geschlossen wird; sie sind deshalb in meiner Mitteilung nicht berücksichtigt.

Breslau, den 26. Dezember 1919.

R. Ladenburg.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Zur Wirtschaftsgeographie Italiens. *G. Greim* will die Grundlagen für eine Beurteilung des Verhaltens Italiens in der letzten Zeit schaffen, soweit dies mit den wirtschaftlichen Verhältnissen des Landes zusammenhängt. Er gibt zuerst eine kurze Übersicht der natürlichen, geographischen Grundlagen der Wirtschaft Italiens, an die sich eine gleichfalls sehr gedrängte Darstellung der einzelnen Wirtschaftszweige, ihrer Unterschiede von den Verhältnissen bei uns, ihrer Verschiedenheiten in den einzelnen Teilen Italiens und ihrer Begründung aus geographischen und anderen in Betracht kommenden Faktoren anschließt. In gleicher Weise wird der italienische Handel und Verkehr behandelt und im Schlußabschnitt aus den vorangegangenen Ausführungen Schlüsse auf die italienische Politik der letzten Zeit gezogen, soweit wirtschaftliche Fragen auf sie Einfluß haben und sie bedingen. Verfasser kommt dabei zum Schluß, daß Italien aus Gründen, die auf ganz anderem Gebiet liegen, seine wirtschaftlichen und geographischen Gegebenheiten vollständig verkannt hat, als es sich auf die Seite der Entente im Weltkrieg stellte. (*G. Greim*, Geograph. Ztschr. H. 8/9, 1918.)

Brasilien vor dem Kriege. *B. Brandt* gibt einen Überblick über die im Lande über das Land erscheinende Literatur. Die z. T. rasch auftauchenden und ebenso rasch verschwindenden Schriften, die der Bibliographie leicht entgehen, geben jeweils das jüngste Augenblicksbild vom brasilianischen Staatsleben, ein ansprechenderes Bild als das ist, das man aus den amtlichen Statistiken mühsam zusammenträgt. In naturwissenschaftlicher Hinsicht wären hervorzuheben die Darstellungen des Bergbaues, der Landwirtschaft und die Berichte über die Tätigkeit verschiedener naturwissenschaftlicher und medizinischer Institute. (*B. Brandt*, Geograph. Ztschr. H. 11/12, 1918.)

Grönland. *H. Rüdiger* berichtet ausführlich über die im Rahmen des Handbuchs der regionalen Geologie (Heidelberg, C. Winter) erschienene, aus der Feder des Kopenhagener Mineralogen *O. B. Böggild* stammende Geologie von Grönland. *Böggilds* Abhandlung beansprucht deswegen besonderes Interesse, weil sie die erste systematische Geologie eines nordpolaren Landes überhaupt ist und weil sie zum ersten Male alle geologischen und geographischen Forschungsergebnisse übersichtlich zusammenfaßt, die über den schmalen, das gewaltige Inlandeis Grönlands umschließenden Landring vorliegen. Bisher stand vielfach die Erforschung des Inlandeises im Vordergrunde des wissenschaftlichen Interesses, aber die Kenntnis des eigentlichen Landes ist wesentlich wichtiger für das Verständnis der schwierigen völkischen und wirtschaftlichen Probleme, die Grönland bietet. (*H. Rüdiger*, Geograph. Ztschr. H. 11/12, 1918.)

Deutsch-Österreich. *N. Krebs* schreibt über Deutsch-Österreich, für dessen Anschluß an das Reich er mit geographischen und wirtschaftlichen Gründen eintritt, wenn er auch die bestehenden Schwierigkeiten voll anerkennt. Im ersten Teil wird das deutsche Sprachgebiet in Österreich nach Areal, Volkszahl und Grenzgestaltung besprochen und gezeigt, daß allerdings der alpenländische Teil über Selbständigkeit und leidlich gute Grenzen verfügt, die Randgebiete Böhmens aber nur bei den Nachbarn Anschluß finden können. 3 Millionen Deutsche wohnen in Sprachinseln und gehen uns wahrscheinlich verloren, wenn die Grenzen nur nach nationalen Gesichtspunkten gezogen werden. Im zweiten Teil wird die wirtschaftliche Struktur Deutschösterreichs analysiert und auf die Aktiva (Holz, Viehweide, Eisen, elektrische Kraft) sowie die Vorzüge der Verkehrslage aufmerksam gemacht. Ein Schlußwort zeigt, wie auch die geistige Kultur des Österreichers eine wertvolle und willkommene Ergänzung zu der Eigenart des Norddeutschen bieten würde. (*N. Krebs*, Geograph. Ztschr. H. 2/3, 1919.)

Raumbildmeßgeräte für stereoskopische Röntgenaufnahmen. *C. Pulfrich* erörtert die Anforderungen, die an eine für Meßzwecke bestimmte stereoskopische Röntgenaufnahme zu stellen sind. Von den beiden Meßgeräten ist das eine für jeden zwischen 180 und 200 mm gelegenen Röhrenabstand verwendbar, bei dem anderen wird der Röhrenabstand gleich 80 mm vorausgesetzt. Es sind bei beiden Meßgeräten Vorkehrungen getroffen, durch welche die Unterschiede des Augenabstandes bei verschiedenen Personen und die Abweichung des Augenabstandes von der Standlinie in ihrem Einfluß auf die Messung ausgeschaltet werden. Die gemessenen Punkte werden durch die Spitzen von Gelenkstäben festgelegt. Ihr Abstand voneinander wird nachträglich durch direkte Messung mit Zirkel und Maßstab ermittelt. (Ztschr. f. Instrumentenkd. H. 2, 1918.)

Benennung des optischen Glases. Die Sendlinger optischen Glaswerke streben an, den Gläsern Bezeichnungen zu geben, durch welche ihre optischen Eigenschaften zum Ausdruck kommen. Sie behalten die alten Namen Flint und Kron gewissermaßen als Gattungsnamen bei, erweitern sie noch durch zwei weitere Namen, Barion (aus Bariumkron) und Bamit (aus Barytflint). Zur Bezeichnung der Art werden die drei ersten Dezimalen des Brechungswertes für n_D und der 10-fache ν-Wert beigefügt. Es ist z. B. Barion 614/564 ein schweres Bariumkron in der Lage $n_D = 1{,}614$ und $\nu = 56{,}4$. (*W. Zschokke*, Ztschr. f. Instrumentenkd. H. 4, 1918.)

Über die Ablenkung eines außerhalb des Prismenhauptabschnittes verlaufenden Strahles. In allen Lehrbüchern der geometrischen Optik, welche die Ablenkung eines außerhalb des Prismenhauptschnittes verlaufenden Strahles überhaupt behandeln, ist im Anschluß an das Lehrbuch der geometrischen Optik von *Heath* (1887) der Satz bewiesen: Die durch ein Prisma hervorgerufene Ablenkung ist ein Minimum, wenn der Lichtstrahl im Hauptschnitt verläuft und wenn der Einfalls- und Austrittswinkel einander gleich sind. Verfasser zeigt, daß, wie zu erwarten war, zwar der genannte Satz richtig ist, daß aber sowohl *Heath* als alle anderen nach *Heath* den Beweis falsch geführt haben, daß insbesondere zwischen der wirklichen Ablenkung Δ und der Ablenkung der auf den Hauptschnitt projizierten Strahlen Δ_0 die Beziehung besteht

$$\sin\frac{\Delta}{2} = \sin\frac{\Delta_0}{2}\cos y,$$

wobei y der Neigungswinkel des einfallenden Strahles zum Hauptschnitt ist. (*H. Erfle*, Ztschr. f. Instrumentenkd. H. 9, 1918.)

Der Thermooszillator. Mit Thermooszillator bezeichnet *Kempf* eine Vorrichtung zur Erzeugung regelmäßiger Temperaturoszillationen von beliebig einstellbarer Schwingungsweite in Luftbädern oder festen Körpern. Eine solche Vorrichtung hat z. B. praktisches Interesse erstens für die Präzisionsmechanik zur raschen künstlichen Alterung von Wagebalken an analytischen Feinwagen, von Nickelstahl-Uhrpendeln, Thermometerglas u. dgl., und zweitens für die technische Materialprüfung, der sie u. a. ermöglicht, den Einfluß der atmosphärischen Temperaturschwankungen auf die Festigkeitseigenschaften von bautechnisch verwertbarem Material, wie natürlichen und künstlichen Gesteinen, Zement, Mörtel, Asphalt oder dergl. planmäßig im Laboratorium zu erforschen. Es wird die Konstruktionsmöglichkeit eines elektrisch heizbaren Thermooszillators mit elektrischer Temperaturmessung an Hand von Skizzen und Abbildungen dargelegt und seine selbsttätige Wirkungsweise beschrieben. (Ztschr. f. Instrumentenkd. H. 10, 1918.)

Der Einfluß der elastischen Aufbiegung der Balance einer Unruh auf die Schwingungsdauer. Der zwecks Temperaturkorrektion aufgeschnittene Ring der Balance einer Unruh ist am Ende mit Gewichten belastet. Unter dem Einfluß der Zentrifugalbeschleunigung und der Drehbeschleunigung der Gewichte biegt sich der Ring während der Schwingung auf und zu. Dadurch wird die Schwingungsdauer im Vergleich zum starren Ring um einige Sekunden pro Tag verlängert. Da diese Verlängerung mit dem Quadrat der Ausschlagweite wächst, so ist dieser Effekt zu berücksichtigen, wenn infolge Nachlassens der Federspannung die Ausschlagweite abnimmt. Das Vorgehen der Uhr kann in diesem Falle 2 sek/Tag betragen. (*H. Blasius*, Ztschr. f. Instrumentenkd. H. 1. 1919.)

Über die Erkrankung der Zimmerpflanzen. (*Paul Sorauer*, Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. *25*, 1915.) Durch zahlreiche Untersuchungen ist der Nachweis erbracht worden, daß die Keimlinge verschiedener Pflanzenarten und auch ältere Gewächse schon durch äußerst geringe Spuren von Leuchtgas geschädigt werden, eine Tatsache, die sich nicht nur an ihrem Aussehen, sondern auch aus ihrer Untauglichkeit zum physiologischen Experiment erkennen läßt. Man hat nun auch gewisse Krankheitserscheinungen bei Zimmerpflanzen, vorzeitiges Vergilben und Absterben von Blättern, mit der Gasbeleuchtung in Zusammenhang gebracht. Ob mit Recht, das sucht Verfasser experimentell zu entscheiden. Ein Zimmer wurde durch eine Holzwand in 2 Räume geteilt; der eine war gasfrei, der andere enthielt eine Gasflamme. Sonst waren die Bedingungen wie Helligkeit, Heizung usw. vollständig gleich. In diesen beiden Räumen nun wurden zum Vergleich zahlreiche Zimmerpflanzen der verschiedensten systematischen Stellung kultiviert. Tatsächlich traten Zeichen der Schädigung, Vergilben und Laubfall, in dem Raume, wo täglich 5 Stunden Gas gebrannt wurde, früher ein. Nähere Versuche zeigten aber, daß dies nur eine indirekte Wirkung der Gasflamme war, insofern durch sie die Temperatur etwas erhöht und die Lufttrockenheit vermehrt wurde. Wurden diese Unterschiede durch etwas verstärkte Heizung des anderen Raumes ausgeglichen, dann traten dort genau dieselben Krankheitsbilder auf. Es handelte sich also — und dies gilt offenbar von vielen entsprechenden Fällen — nicht um eine Schädigung durch Gas, sondern durch zu starke Transpiration. In den Versuchen des Verf. waren die Pflanzen direkt aus den Gewächshäusern in die trockene Zimmerluft versetzt worden, und darauf war die Vergilbung zurückzuführen. Gibt man den Pflanzen Gelegenheit, sich allmählich an die neuen Verhältnisse zu gewöhnen, dann halten sie einen solchen Bedingungswechsel viel besser aus. Sie können neue Blattorgane bilden, die der veränderten Lage angepaßt sind. Der starken Transpiration durch starkes Begießen entgegenzuwirken hat keinen Sinn, da die Pflanze den Wasserumsatz nur bis zu einem gewissen Grade steigern kann, und jeder weitere Überschuß schädigend wirkt. Viel besser ist ein häufiges Benetzen, und vor allem eine häufige Ventilation zur Herabsetzung der Zimmertemperaturen. Unter diesen Bedingungen können die Zierpflanzen auch in gasführenden Räumen sehr gut gehalten werden.

Pflanzenbilder im Tempel von Karnak (Theben). (*G. Schweinfurth*, Botan. Jahrbücher *55*, 1919.) Pflanzenbilder, die ca. 3½ Jahrtausende alt sind, finden sich in der Festhalle am Ostende des Ammonstempels von Karnak. Es befindet sich dort ein Nebenraum, der auf Grund der pflanzlichen Darstellungen den Namen „botanische Kammer“ erhalten hat. Eine Beschreibung und Abbildung der noch bestimmbaren Pflanzentypen gibt *Schweinfurth*. Von den 275 Darstellungen, die ihm zu Gesicht kamen, war der größte Teil so stark stilisiert, daß eine Identifizierung unmöglich war. Mit Sicherheit konnten nur 6 Pflanzen gedeutet werden, die blaue Lotusblume (Nymphaea coerulea), der Granatapfel (Punica granatum), der italienische Aronsstab (Arum italicum), ferner eine andere südländische Aracee (Dracunculus vulgaris), eine Crassulacee (Calenchoë deficiens) und eine Schwertlilienart (Iris sp.). Bemerkenswert ist, daß diese Gewächse zumeist garnicht in Syrien heimisch sind. Der Zeichner fand die Vorbilder mutmaßlich in den Gärten Thebens, die eine Menge eingeführter Gewächse beherbergten. Bei manchen Darstellungen kann man direkt den Übergang zu Ornamenten und die Verschmelzung verschiedener Typen zu Mischwesen (analog den Zentauren, Sirenen usw.) beobachten. Die Entstehung der botanischen Kammer fällt in die Dynastie von Thutmes III (1501—1447 v. Chr.).

P. S.

Berichte gelehrter Gesellschaften.

Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften 1919.

9. Januar. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Herr *Roethe*.

Herr *Planck* überreichte eine Mitteilung von Herrn Dr. *A. Landé* in Oberhambach bei Heppenheim: *Elektronenbahnen im Polyederverband.* (Ersch. später.) Da die Kompressibilität der Kristalle, neben anderen Tatsachen, Würfelstruktur der Ionen fordert, wird eine dynamische Möglichkeit von gekoppelten Elektronenbahnen aufgezeigt, deren Gesamtheit die Symmetrie des Würfels (bzw. Tetraeders) besitzt, eine Art räumlicher „Polyederverband“ in Analogie zu *Sommerfelds* ebenem Ellipsenverein.

6. Februar. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Herr *von Waldeyer-Hartz*.

Herr *Struve* sprach *über die Masse der Ringe von Saturn.* Zur Bestimmung der Ringmasse des Planeten Saturn ist eine genaue Kenntnis der Säkularbewegungen der inneren Monde, der Abplattung des Planeten und der Massen der Monde erforderlich. Die Beobachtungsreihen, welche während der letzten Oppositionen des Planeten am großen Refraktor der Babelsberger Sternwarte ausgeführt worden sind, haben die Mittel an die Hand gegeben, die Aufgabe in strengerer Weise als früher zu lösen, und lassen den Schluß ziehen, daß die Ringmasse, bezogen auf die Planetenmasse als Einheit, außerordentlich klein ist, höchstens von der Größenordnung $1 : 10^{-6}$. Die auf anderen Wegen erlangten Ergebnisse über die Natur der Ringe werden hierdurch bestätigt.

13. Februar. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Herr *Roethe*.

Herr *Nernst* las über *einige Folgerungen aus der sogenannten Entartungstheorie der Gase.* Es läßt sich nachweisen, daß man zur Erklärung des Nullpunktdrucks der Gase valenzartige Abstoßungskräfte annehmen muß, die der dritten Potenz des Abstandes umgekehrt proportional wirken und deren absolute Größe sich berechnen läßt. Daraus läßt sich die innere Reibung der Gase ebenfalls berechnen, doch kann man nachweisen, daß wegen ihrer Kleinheit nur bei sehr tiefen Temperaturen die erwähnten Abstoßungskräfte zur Geltung kommen können, so daß im Einklang mit der Erfahrung der Gültigkeitsbereich der neuen Theorie auf sehr tiefe Temperaturen beschränkt bleibt. Hier aber sind die Bestätigungen der Theorie hinreichend scharf, um der Entartungstheorie der Gase eine neue Stütze zu geben.

20. Februar. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Herr *von Waldeyer-Hartz*.

Herr *Orth* las: *Über die ursächliche Begutachtung von Unfallfolgen.* Auf Grund von über 650 selbst-

erstatteten Gutachten — darunter weit über zwei Drittel Obergutachten für das Reichsversicherungsamt — wurden die Grundlagen für die Beurteilung eines ursächlichen Zusammenhanges zwischen Unfällen und folgenden Krankheiten bezw. Verschlimmerung von Krankheiten oder dem Tod erörtert und die Gesichtspunkte dargelegt, welche für ein solches Gutachten beachtet werden müssen, wenn es seinen Zweck, dem Richter eine Entscheidung zu ermöglichen, erfüllen soll. Jedes derartige Gutachten, vor allem aber jedes Obergutachten, muß eine wissenschaftliche Leistung darstellen, für die der erfahrenste Sachverständige gerade gut genug ist.

6. März. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Herr *von Waldeyer-Hartz.*

Herr *Orth* las: *Über Traumen und Nierenerkrankungen.* (Ersch. später.) Nach Stellungnahme in der Frage der Nomenklatur der Nierenerkrankungen und allgemeinen Ausführungen über traumatische Nephritis wurden 11 Fälle aus der Gutachtertätigkeit des Vortragenden erörtert, in welchen es sich um die Frage handelte, ob durch ein Trauma eine Nierenerkrankung erzeugt bezw. verschlimmert worden ist oder ob eine Nierenerkrankung neben einer anderen traumatischen Krankheit vorhanden war und etwa von sich aus den Tod herbeigeführt habe.

20. März. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Herr *von Waldeyer-Hartz.*

Herr *Rubens* las *über die optischen Eigenschaften einiger Kristalle im langwelligen ultraroten Spektrum;* nach gemeinsam mit Herrn *Th. Liebisch* ausgeführten Versuchen. In zwei früheren Abhandlungen ist das Reflexionsvermögen fester und flüssiger Körper in dem Spektralbereich zwischen 22 und 300 μ untersucht und der Zusammenhang zwischen den elektrischen und optischen Eigenschaften dieser Stoffe geprüft worden. In der vorliegenden Arbeit wurde diese Untersuchung auf doppelbrechende Kristalle ausgedehnt und der Verlauf des Reflexionsvermögens für jede der Hauptschwingungsrichtungen mit Hilfe von geradlinig polarisierter Strahlung festgestellt. Aus den Beobachtungen lassen sich die Frequenz und Stärke der Raumgitterschwingungen für die untersuchten Kristalle erkennen. Die Eigenschaften der Kristalle im langwelligsten Teile des ultraroten Spektrums und im Gebiete der Hertzschen Wellen sind nur noch wenig verschieden.

3. April. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Herr *von Waldeyer-Hartz.*

1. Herr *Liebisch* sprach über die *Dispersion doppeltbrechender Kristalle im ultraroten Spektralgebiete.* (Ersch. später.) Die Ergebnisse der Messungen, die Herr *Rubens* über das Reflexionsvermögen einer Auswahl von doppeltbrechenden Kristallen im langwelligen Ultrarot angestellt hat (diese Sitzungsber. S. 198), wurden verglichen mit den Eigenschaften dieser Körper im sichtbaren Spektralgebiet und im kurzwelligen Ultrarot.

2. Herr *Struve* legte eine Arbeit von Herrn Prof. Dr. *Schweydar* in Potsdam vor: *Zur Erklärung der Bewegung der Rotationspole der Erde.* (Ersch. später.) Der Verfasser berücksichtigt bei der Behandlung des Rotationsproblems die Verlagerung der Hauptträgheitsachse, verursacht durch Luftmassenverschiebungen im Laufe des Jahres, ausgehend von einer Tafel von *Gorczynski* (1917), welche die Isobaren für die ganze Erdoberfläche von Monat zu Monat angibt. Es wird gezeigt, daß die sich daraus ergebende Bewegung des Rotationspols in einer Spirale erfolgt, welche beiläufig einen sechsjährigen Zyklus gleich der fünffachen Chandlerschen Periode aufweist und sich der aus dem internationalen Breitendienst abgeleiteten Bewegung des Rotationspols gut anschließt.

10. April. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Herr *Roethe.*

1. Herr *Haberlandt* las: *Zur Physiologie der Zellteilung.* Dritte Mitteilung, *Über Zellteilungen nach Plasmolyse.* In jungen, aber schon ausgewachsenen Haarzellen von *Coleus Rehneltianus* und einiger anderer Pflanzen sowie in den Epidermiszellen der Zwiebelschuppen von *Allium Cepa* treten nach Plasmolyse in Zuckerlösungen unvollständige und eigentümlich modifizierte Zellteilungen auf, die in mancher Hinsicht den primitiveren Zellteilungsweisen bei Algen und Pilzen gleichen. Die Auslösung dieser Teilungsvorgänge wird darauf zurückgeführt, daß infolge der Plasmolyse der in den Zellen enthaltene „Zellteilungsstoff", dessen Existenz in zwei früheren Mitteilungen nachgewiesen wurde, eine solche Konzentration erfährt, daß der Schwellenwert des Reizes überschritten wird.

2. Herr *Einstein* legte eine Arbeit vor über die Frage: *Spielen Gravitationsfelder im Aufbau der materiellen Elementarteilchen eine wesentliche Rolle?* Es wird gezeigt, daß die allgemeine Relativitätstheorie die Hypothese zuläßt und nahelegt, daß die Kohäsionskräfte, welche die elektrischen Korpuskeln zusammenhalten, Gravitationskräfte sind. Diese Hypothese wird auch durch den Nachweis gestützt, daß durch sie die Einführung einer besonderen universellen Konstante für die Lösung des kosmologischen Problems unnötig gemacht wird.

24. April. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Herr *von Waldeyer-Hartz.*

Herr *Hellmann* sprach *Über die Bewegung der Luft in den untersten Schichten der Atmosphäre".* (Dritte Mitteilung.) Der Bodenwind wurde durch Geschwindigkeitsmessungen in fünf verschiedenen Höhen zwischen 5 und 200 cm über dem Erdboden untersucht. Es ergab sich, daß in dieser untersten Luftschicht die mittleren Windgeschwindigkeiten sich zueinander verhalten wie die vierten Wurzeln aus den zugehörigen Höhen.

Herr *Hellmann* trug vor: *Neue Untersuchungen über die Regenverhältnisse von Deutschland.* (Erste Mitteilung.) Die Konstruktion einer neuen Regenkarte von Deutschland auf Grund zwanzigjähriger gleichzeitiger Beobachtungen an rund 3700 Orten gestattet die Feststellung der regenreichsten und der regenärmsten Gebiete sowie derjenigen Gegenden, in denen die Winterniederschläge vorherrschen. Die Grenzwerte des jährlichen Regenfalls sind 2600 mm in den Allgäuer Alpen und 380 mm am Goplosee südlich von Hohensalza. Während ganz Deutschland ausgesprochene Sommerregen hat, überwiegen die Winterniederschläge in den höheren Lagen der westdeutschen Berglandschaften. In den Alpen treten sie aber nicht auf.

Herr *Einstein* überreichte eine *Bemerkung über periodische Schwankungen der Mondlänge, welche bisher nach der Newtonschen Mechanik nicht erklärbar schienen.* Eine periodische Schwankung (Periode etwa 19 Jahre) der Mondlänge um ihren theoretischen Wert wird zurückgeführt auf periodische Schwankungen der mittleren Drehgeschwindigkeit der Erde, welche durch die Mondflut verursacht sind.

8. Mai. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Herr *Planck.*

Herr *Beckmann* sprach 1. über Signalvorrichtungen, welche gestatten, in unauffälliger Weise Nachrichten optisch zu vermitteln (ersch. später),

2. über Sicherungen der Atmungsorgane gegenüber schädlichen Beimischungen in der Luft (ersch. später).

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner,* Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 4. (Seite 61—80) **23. Januar 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Ein Zahlenmysterium in der Theorie des Zeemaneffektes. Von *A. Sommerfeld, München.* S. 61.

Der Mensch als Kraftmaschine. Von *Carl Oppenheimer, München.* S. 64.

Besprechungen:

Struve, Hermann, Die neue Berliner Sternwarte in Babelsberg. Von *P. Guthnick, Berlin-Neubabelsberg.* S. 72.

Peters, J., Siebenstellige Werte der trigonometrischen Funktionen von Tausendstel zu Tausendstel des Grades. Von *A. Galle, Potsdam.* S. 74.

Kries, Joh. v., Logik, Grundzüge einer kritischen und formalen Urteilslehre. Von *Th. Ziehen, Halle.* S. 74.

Botanische Mitteilungen:

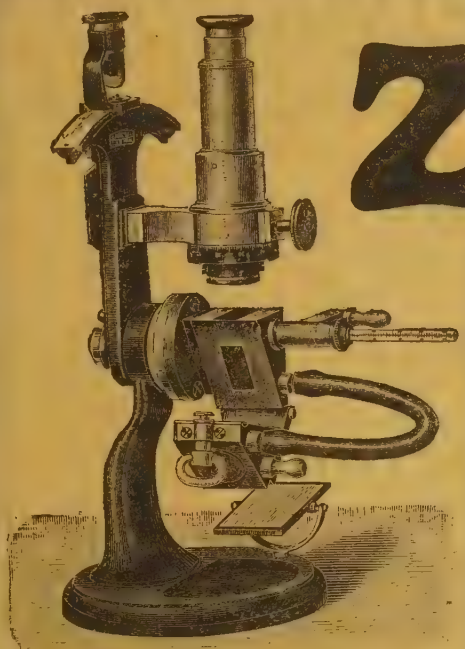
Über Homodromie und Antidromie insbesondere bei Gramineen. Licht und Wachstum. Untersuchungen über den Thermotropismus der Pflanzen. Die Godronschen Bastarde zwischen Ägilops- und Triticumarten. S. 75—77.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Die Grenze der Totalreflexion. Wetterkundliche Lehrfilme. Ein neuer Kreiselkompaß. Sciroccobeobachtungen im südwestlichen Teile Palästinas. Die Beaufortskala als Empfindlichkeitsgesetz. Der tägliche Gang des Luftdruckes und der Temperatur in der freien Atmosphäre. Über die Gebirgswinde in den Mittleren Vogesen. Ein Jahr Messungen mit dem Michelsonschen Bimetallaktinometer. Zur Quantentheorie des Paramagnetismus. Spektrale Intensitätsverschiebung und Schwächung der Jodfluoreszenz durch ein magnetisches Feld. Über den Wert des mechanischen Wärmeäquivalentes. S. 77—78.

Berichte gelehrter Gesellschaften:

Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften. S. 79.



Zeiss
Abbe-Refraktometer
mit heizbaren Prismen
zur chemischen Analyse

ZEISS

Abbe -Refraktometer
Butter -Refraktometer
Eintauch -Refraktometer
Zucker -Refraktometer
Pulfrich -Refraktometer
Kristall -Refraktometer
Differenz -Refraktometer
Milchfett -Refraktometer

BERLIN HAMBURG CARL ZEISS JENA WIEN BUENOS AIRES

Druckschriften kostenlos

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 12.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.20.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

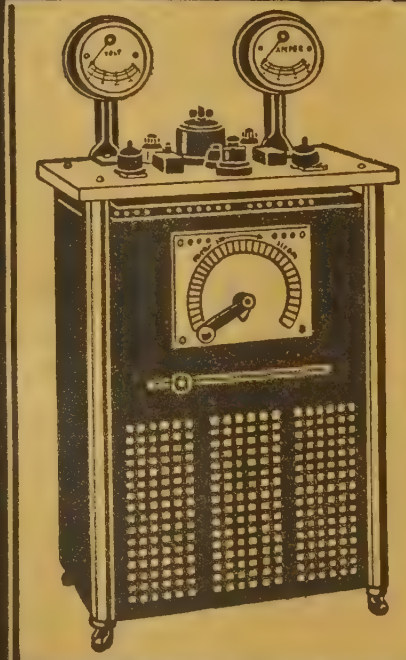
Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztewelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.
Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a. Rh.

Siemens & Halske A.-G.
Wernerwerk · Siemensstadt bei Berlin



Fahrbare Experimentier-Tische

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 23. Januar 1920. Heft 4.

Ein Zahlenmysterium in der Theorie des Zeemaneffektes.

Von A. Sommerfeld, München.

1. Normale und anomale Zeemaneffekte, Rungesche Regel.

Unter Zeemaneffekt versteht man bekanntlich die magnetische Beeinflussung der Spektrallinien. Im einfachsten Falle besteht die Beeinflussung darin, daß (bei transversaler Beobachtung, Blickrichtung senkrecht gegen die magnetischen Kraftlinien) neben der ursprünglichen Linie beiderseits zwei neue Linien auftreten, in einem Abstande a, der der Stärke des Magnetfeldes proportional ist und sonst nur von den universellen Elektronendaten (Ladung und Masse) abhängt.

So einfach gestaltet sich der Zeemaneffekt aber nur bei Einzellinien. Bei einem Liniengebilde, das schon ohne Magnetfeld aus zwei oder drei Komponenten besteht (Dublettlinien, Triplettlinien), tritt statt des normalen ein anomaler Zeemaneffekt auf. Das magnetisch beeinflußte Liniengebilde besteht dann im allgemeinen aus einer größeren Zahl von Komponenten; neben dem normalen Abstande a treten andere Abstände auf. Mißt man die Abstände in Schwingungszahlen, gerechnet vom Orte der ursprünglichen Linie aus, so ergeben sie sich, wie *Runge* gezeigt hat, als ganzzahlige Vielfache eines charakteristischen Bruchteils des normalen Abstandes a. Der Nenner dieses Bruchteils, der für die verschiedenen Liniengebilde verschieden ist, wird die „Rungesche Zahl" genannt und möge mit r bezeichnet werden. Bei den D-Linien des Natriums z. B. ist $r = 3$; als Schwingungsabstände treten auf

$$\text{bei } D_1\colon \pm {}^2/_3\, a,\ \pm {}^4/_3\, a,$$
$$\text{bei } D_2\colon \pm {}^1/_3\, a,\ \pm {}^3/_3\, a,\ \pm {}^5/_3\, a.$$

Allgemein können wir schreiben, wenn wir den in Schwingungszahlen gerechneten Abstand von der ursprünglichen Linie wie üblich mit $\Delta\nu$ bezeichnen:

$$\Delta\nu = \frac{q}{r}\, a;$$

dabei ist der Rungesche Nenner r für alle Komponenten des einzelnen Liniengebildes derselbe; der Zähler q hat für die verschiedenen Komponenten verschiedene Werte, z. B. im Falle der D-Linien nach den vorstehenden Angaben die Werte ± 1 bis ± 5.

2. Gesetzmäßigkeiten für die Rungesche Zahl im periodischen System der Elemente, Prestonsche Regel.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß wir in der Struktur der anomalen Zeemaneffekte und in dem Auftreten der Rungeschen Zahlen fundamentale Äußerungen des Atombaues vor uns haben. Dies geht unmittelbar hervor aus der außerordentlichen Gesetzmäßigkeit, mit der die anomalen Zeemantypen über das periodische System der Elemente verteilt sind, wie zuerst *Preston* betont hat. Die Rungesche Zahl 3 kommt nicht nur den D-Linien von Na zu, sondern ebenso allen verwandten Linien von Li, Na, K, Rb, Cs. Sie tritt überdies auf nicht nur bei den Dublettlinien der Alkalien, sondern ebenso bei den Dublettlinien der Erden (Bogenlinien), sowie bei den Dublettlinien, die im Funkenspektrum der Erdalkalien vorkommen. Andererseits tritt die Rungesche Zahl 2 bei den Triplettlinien aller Erdalkalien (Bogenlinien) auf und ist überhaupt charakteristisch für den Triplettypus, wo sich derselbe auch im periodischen System (z. B. bei O, S, Se) zeigt. Neben den Triplettlinien weist das Bogenspektrum der Erdalkalien auch Einfachlinien auf. Diese sind wie alle Einfachlinien durch normalen Charakter des Zeemaneffektes ausgezeichnet. Dem normalen Zeemaneffekt, bei dem also nur der Schwingungsabstand a, keine Bruchteile desselben vorkommen, ordnen wir folgerichtigerweise die Rungesche Zahl $r = 1$ zu.

Zusammenfassend können wir also sagen: Die Rungesche Zahl $r = 1, 2, 3$ ist charakteristisch für Einfachlinien, Triplett- und Dublettlinien beliebiger Elemente innerhalb des ganzen periodischen Systems.

Mit der Einteilung in Einfach-, Triplett- und Dublettlinien sind die spektralen Möglichkeiten aber noch nicht erschöpfend geschildert. Vielmehr ist es nötig, etwas näher auf den Ursprung der Linienemission einzugehen, um den Aufbau der Liniengebilde und die Art der zugehörigen anomalen Zeemaneffekte vollständiger wiedergeben zu können.

3. Der Vorgang der Lichtemission, Ritzsches Kombinationsprinzip.

Eine Spektrallinie wird emittiert, wenn das emittierende Atom aus einem Anfangszustande 1 in einen Endzustand 2, der naturgemäß kleinere Energie als 1 haben wird, übergeht. Die Schwingungszahl ν der Spektrallinie ist proportional zu dem Energieunterschied des Atoms $E_1 - E_2$ im

Anfangs- und Endzustände. Nennen wir den Proportionalitätsfaktor h und setzen ihn auf die linke Seite der Energiebilanz, so entsteht die Grundformel der modernen Bohrschen Theorie der Spektrallinien $h\nu = E_1 - E_2$. Hierin ist h das Plancksche Wirkungsquantum, eine universelle Größe und vielleicht die wichtigste von allen Naturkonstanten.

Dieser Ansatz bestätigt sich mit außerordentlicher Schärfe in der ungeheuren Zahl spektroskopischer Erfahrungen. Er bringt ein allgemeines Prinzip zum Ausdruck, welches *Ritz* als das Kombinationsprinzip der Spektroskopie formuliert hat: Kennt man neben den Zuständen 1 und 2 weitere Atomzustände 3, von der Energie E_3, so entsprechen den Übergängen $1 \to 3$ oder $2 \to 3$ (unter der Voraussetzung, daß E_3 kleiner als E_2 und als E_1 sei) neue Strahlungsemissionen der Schwingungszahlen

$$h\nu = E_1 - E_3, \quad h\nu = E_2 - E_3.$$

Man kann also (von gewissen Beschränkungen abgesehen) jeden Atomzustand mit jedem anderen kombinieren und für jede derartige Kombination das Auftreten einer zugehörigen Spektrallinie vorhersagen. Dies die theoretische Meinung des Kombinationsprinzipes. Die praktische Handhabung desselben gestaltet sich insofern etwas anders, als man tatsächlich nicht die Energiewerte $E_1, E_2, \ldots$ selbst, sondern nur die Energiestufen $E_1 - E_2, \ldots$ kennt. Praktisch verfährt man daher so, daß man aus den Übergängen $1 \to 3$ und $2 \to 3$ durch Kombination (Subtraktion) der zugehörigen Schwingungszahlen die Schwingungszahl des Überganges $1 \to 2$ ableitet.

Das Studium der Spektrallinien führt uns somit zur Kenntnis der verschiedenen Atomzustände; ihre Schwingungszahlen sind ein direktes Maß für die Energiestufen zwischen diesen Atomzuständen. Daß die Zustände keine Gleichgewichtsanordnungen sind, wie es die ältere Chemie wollte, sondern Bewegungskonfigurationen („atomare Planetensysteme"), kann niemanden überraschen, der die Mannigfaltigkeit der spektralen Betätigungsmöglichkeiten der verschiedenen Atome kennt. Was man zurzeit mit einiger Sicherheit über die Einzelheiten dieser Bewegungszustände aussagen kann, habe ich in meinem jüngst erschienenen Buch[1]) zusammengestellt. Für das Folgende brauchen wir nur die allgemeinen Züge dieser Bewegungszustände zu kennen. Die Hauptsache ist, daß wir uns gegenwärtig halten: Jede spektroskopische Beobachtung spiegelt jeweils eine bestimmte Energiestufe wieder, die Energiestufe zwischen dem Anfangszustand und dem Endzustand des Atoms.

4. *Scharfe und diffuse Nebenserie, Hauptserie und Bergmannserie; Serienterme.*

Die verschiedenen Atomzustände kennzeichnen wir allgemein durch die Buchstaben

$$s,\ p,\ d,\ b.$$

s weist auf „scharfe Nebenserie" hin, p auf „Hauptserie" (Prinzipalserie), d auf „diffuse Nebenserie", b auf „Bergmannserie". Wenn das Atom zur Emission von Strahlung angeregt wird, ist eines seiner Elektronen aus dem Atomverbande in größere oder geringere Entfernung herausgehoben und beschreibt in diesem Zustande bestimmte Bahnen um den Atomrest. Dem unerregten, neutralen Zustande am nächsten verlaufen ceteris paribus die s-Bahnen, in größerer Entfernung vom Atomrest vollziehen sich im allgemeinen die p-Bahnen; eine noch stärkere Anregung ist erforderlich, um das an der Lichtemission hauptsächlich beteiligte äußere Elektron in eine d-Bahn zu versetzen. Die äußersten Bahnen sind die b-Bahnen.

Die Hauptserie entsteht beim Übergang des Elektrons aus einer p- in eine s-Bahn; die scharfe Nebenserie beim umgekehrten Übergang aus einer s- in eine p-Bahn. Der Übergang aus einer d- in eine p-Bahn führt zur Emission einer Linie der diffusen Nebenserie, derjenige aus einer b- in eine d-Bahn zu einer Linie der Bergmannserie. Es ist üblich, die mit der Planckschen Konstanten h dividierte und dem Vorzeichen nach umgekehrte Energie als „Term" zu bezeichnen. Wir sprechen hiernach von einem s, p, d, b-Term und stellen im Anschluß an die Erläuterungen der Nr. 3 und die vorstehenden Erklärungen die Schwingungszahlen der verschiedenen Serien folgendermaßen dar:

Hauptserie:	$\nu = s - p$	Allgemein: $\nu = \nu_1 - \nu_2$.
Scharfe Nebenserie:	$\nu = p - s$	
Diffuse Nebenserie:	$\nu = p - d$	
Bergmannserie: . .	$\nu = d - b$	

Daß jede dieser Übergangstypen nicht zu *einer* Linie, sondern zu einer Serie von Linien führt, liegt daran, daß es nicht *einen* s-Zustand, sondern eine Reihe von solchen Zuständen, nicht *eine* p-Bahn usw., sondern eine Serie von solchen Bahnen gibt.

Daß gerade die vorher genannten Übergänge in der Natur bevorzugt werden und daher zu den vornehmlich beobachteten Linien führen, soll hier nicht begründet werden.

5. *Anwendung des Kombinationsprinzips auf den Zeemaneffekt.*

Wir bezeichnen wie in Nr. 1 mit $\Delta\nu$ die magnetische Veränderung der Schwingungszahl ν und erwarten nach dem Kombinationsprinzip, daß sich dieselbe zusammensetzt aus der magnetischen Veränderung des ersten Terms $\Delta\nu_1$ und derjenigen des zweiten Terms $\Delta\nu_2$, nach dem Schema:

$$\Delta\nu = \Delta\nu_1 - \Delta\nu_2.$$

Die Einzeländerungen $\Delta\nu_1$ und $\Delta\nu_2$ spiegeln die Energieänderungen wieder, welche Anfangs- und Endzustand des Atoms unter dem Einfluß des Magnetfeldes erleiden, gerade so, wie die Schwingungszahl ν selbst die Energieänderung widerspiegelt, welche dem Übergange aus dem Anfangs- in den Endzustand entspricht.

[1]) Atombau und Spektrallinien. Vieweg, Braunschweig 1919.

Wir sind weit davon entfernt, die geometrischen Einzelheiten der *s, p, d, b*-Bahnen zu überblicken. Noch weniger verstehen wir den Grund für die Vielfachheit der zugehörigen Terme in den Dublett- oder Triplettsystemen. Am wenigsten sind wir imstande, die anomale magnetische Beeinflussung dieser Terme modellmäßig zu erklären. Daß aber das Kombinationsprinzip für diese Beeinflussung gilt, daß also der beobachtbare magnetische Effekt sich in zwei Teile zerlegen läßt, in die Beeinflussung der Anfangsbahn und diejenige der Endbahn, ist so sicher, wie das Grundprinzip der Spektroskopie, das Kombinationsprinzip selbst.

Wir fragen insbesondere, welche Folgerungen sich hieraus für die Rungesche Zahl r ergeben.

Als allgemeines Beobachtungsergebnis schrieben wir in Nr. 1

$$\Delta\nu = \frac{q}{r}\,a.$$

Auf Grund des Kombinationsprinzips setzen wir jetzt für den ersten und zweiten Term einzeln:

$$\Delta\nu_1 = \frac{q_1}{r_1}a, \quad \Delta\nu_2 = \frac{q_2}{r_2}a.$$

r_1 und r_2 sind die Rungeschen Zahlen für den ersten und zweiten Term und sind je für diesen charakteristisch; die Zähler q_1 und q_2 sind ganze Zahlen, die für die verschiedenen Komponenten des Liniengebildes verschiedene Werte haben werden ($0, \pm 1, \pm 2, \ldots$). Aus dem Vergleich von $\Delta\nu$ mit der Differenz von $\Delta\nu_1$ und $\Delta\nu_2$ folgt nun unter Fortlassung des gemeinsamen Faktors a:

$$\frac{q}{r} = \frac{q_1}{r_1} - \frac{q_2}{r_2} = \frac{q_1 r_2 - q_2 r_1}{r_1 r_2}.$$

Dabei ist vorausgesetzt, daß die beiden Nenner r_1 und r_2 zueinander teilerfremd sind.

Wir richten unsere Aufmerksamkeit insbesondere auf den Nenner dieser Darstellung und schließen daraus auf:

$$r = r_1 r_2.$$

Die Betrachtung des etwas komplizierter gebauten Zählers führt auf die Gleichung:

$$q = q_1 r_2 - q_2 r_1$$

und läßt Schlüsse auf die Komponentenzahl der anomalen Zeemaneffekte (vgl. Nr. 7) zu.

6. *Magnetooptischer Zerlegungssatz, Tafel der Rungeschen Zahlen.*

Die Gleichung $r = r_1 r_2$ bezeichnen wir als magnetooptischen Zerlegungssatz: *Die im anomalen Zeemaneffekt beobachtbare Rungesche Zahl zerlegt sich in die Rungeschen Zahlen des ersten und zweiten Termes der Spektrallinie.*

Für die Erkenntnis der Atomzustände, nach der wir streben, kommt es auf die Zahlen r_1 und r_2 einzeln an, die für den Anfangs- und Endzustand charakteristisch sind; es handelt sich also darum, das durch die Beobachtung gelieferte Produkt $r_1 r_2$ in seine Faktoren zu zerlegen.

Dies geschieht in der folgenden Zahlentafel, welche das eigentliche Ziel unserer Untersuchung darstellt. Wir ordnen sie nach den aufeinanderfolgenden Termbezeichnungen *s, p, d, b*, von inneren zu äußeren Bahnen fortschreitend, und nach dem Linienscharakter, Einfachlinien, Triplett- und Dublettlinien an. Die Einfachlinien zeigen normalen Zeemaneffekt (vgl. Nr. 2) und besitzen daher als Rungesche Zahl $r = 1$, u. zw. in allen Termen. Aber auch der *s*-Term der Triplett- und Dublettlinien ist nach allgemeiner spektroskopischer Erfahrung ausnahmslos einfach; wir ordnen daher auch ihm die Rungesche Zahl $r = 1$ zu. Dementsprechend füllen wir die erste Horizontal- und Vertikalreihe unserer Tafel mit lauter Einsen aus.

	s	*p*	*d*	*b*
Einfachlinien	1	1	1	1
Triplettlinien	1	2	3	(4)
Dublettlinien	1	3	5	(7)

Bezüglich der Einfachheit des *s*-Terms erinnern wir im Vorbeigehen an die analogen Verhältnisse bei den Röntgenspektren: Auch hier, wo es sich um das Innere des Atoms handelt, ist der innerste Ring, der *K*-Ring und der ihm entsprechende *K*-Term, einfach; der *L*-Ring ist doppelt (Kreis- oder Ellipsenring) und führt zu dem *L*-Dublett, der *M*-Ring dreifach usw.

Sodann ziehen wir die Angaben aus Nr. 2 heran, nach denen die Rungesche Zahl 2 und 3 den Triplett- und Dublettlinien zukommt. Dies gilt sowohl für die Linien der Hauptserie wie für die der scharfen Nebenserie. Nach Nr. 4 entstehen diese Linien aus der Kombination eines *s*- und eines *p*-Termes. Im Sinne unseres magnetooptischen Zerlegungssatzes haben wir die Rungeschen Zahlen 2 und 3 in Faktoren zu zerspalten:

$2 = 1.2$ (Triplettl.), $3 = 1.3$ (Dublettl.).

Da der Faktor 1 dem *s*-Term zukommt, folgt als Rungesche Zahl des *p*-Termes 2 bzw. 3 für Triplett- bzw. Dublettsysteme. Diese Zahlen schreiben wir in die zweite Vertikalreihe unserer Tafel.

Einer freundlichen Mitteilung von Hn. *Paschen* verdanke ich die Kenntnis der Rungeschen Zahl in der diffusen Nebenserie der Triplett- und Dublettsysteme. Sie beträgt nach Beobachtungen von Hn. *Back*, die wegen des Krieges bisher nicht veröffentlicht sind, 6 bzw. 15. Die Idee unseres Zerlegungssatzes nun entsprang aus der einfachen Bemerkung, daß 6 durch 2, 15 durch 3 teilbar ist. Nach Nr. 4 entsteht nämlich die diffuse Nebenserie aus der Kombination eines *p*-Terms mit einem *d*-Term. Schreiben wir also

$6 = 2.3$ (Triplettl.), $15 = 3.5$ (Dublettl.),

so kommt der erste Faktor, $r_1 = 2$ oder $r_1 = 3$ dem *p*-Term zu und es bleibt für den *d*-Term übrig

$r_2 = 3$ (Triplettl.), $r_2 = 5$ (Dublettl.).

Mit diesen Zahlen füllen wir die dritte Vertikalreihe unserer Tafel aus und sehen dabei eine wundervolle Zahlenharmonie sich vollenden.

7. Ausblicke und Folgerungen.

Niemand wird zweifeln, daß wir unsere Tafel in der vierten Vertikalreihe durch die Zahlen 4 und 7 vervollständigen müssen. Wir erwarten also als Rungesche Zahl in der Bergmannserie (Kombination von *d*- und *b*-Term)

$r = 3 \cdot 4 = 12$ für Triplettlinien,

$r = 5 \cdot 7 = 35$ für Dublettlinien.

Die Bergmannserie ist bei den meisten Elementen ultrarot und würde, da die magnetische Aufspaltung mit zunehmender Wellenlänge zunimmt, für die Beobachtung des Zeemaneffektes nicht ungünstig liegen. Trotzdem läßt sich empirisch ein so großer Nenner wie 35 kaum sicher feststellen. Die Zahlen $^{17}/_{35}$ oder $^{18}/_{35}$ wären auch bei vollkommensten spektroskopischen Hilfsmitteln kaum voneinander oder von der Zahl ½ zu unterscheiden. Hier tritt unser Zerlegungssatz helfend ein, indem er statt der Zahl 35 die Zahl 7, statt 12 die Zahl 4 als Charakteristikum des Bergmannterms zu prüfen verlangt. Experimentelle Erfahrungen liegen, wie es scheint, hierüber noch nicht vor, weshalb die den *b*-Term betreffenden Angaben unserer Zahlentafel eingeklammert sind.

Allgemein gilt: Wenn in den empirischen Wissenschaften von rationalen Zahlen die Rede ist, sind stets Zahlen mit kleinem Zähler und Nenner gemeint. Anderenfalls wären sie von irrationalen Zahlen in der Erfahrung nicht zu unterscheiden. Indem unser Satz die beobachtbare Rungesche Zahl in kleinere Faktoren zerlegt, gibt er der Rungeschen Regel in komplizierteren Fällen erst einen empirisch greifbaren Inhalt.

Außer dem Zeemaneffekt der Bergmannserie lassen sich eine Reihe anderer Prüfungen unseres Zerlegungssatzes vorhersehen. Z. B. müßte sich in der Kombination des *s*-Termes mit dem *d*-Term die Rungesche Zahl des *d*-Termes (3 oder 5), die wir hier indirekt aus der Kombination des *p*-Terms mit dem *d*-Term in der diffusen Nebenserie erschlossen haben, direkt bestimmen und isolieren lassen. Zu dem entsprechenden Ziel würde die Kombination eines Einfachlinienterms mit einem Tripletterm führen, wie sie bei den Erdalkalien vorkommt. Auch der sog. Paschen-Back-Effekt, welcher bei hohen Magnetfeldern sozusagen künstlich Mehrfachlinien in Einfachlinien zusammenzieht, kann dazu dienen, statt des Produktes der Rungeschen Zahlen beider Terme die Rungesche Zahl der weiter getrennten Terme einzeln zu prüfen. Doch würde die Klarstellung dieser Verhältnisse hier zu weit führen.

Die Frage, ob der Zeemaneffekt dem Kombinationsprinzip genüge, ist bereits in einer kürzlich erschienenen Arbeit von Hn. *Lohuizen*[1]) gestellt und auf Grund einer sorgfältigen Sichtung des Erfahrungsmaterials im positiven Sinne beantwortet worden. Die Untersuchung *Lohuizens* betrifft vornehmlich die Anzahl der Komponenten im Zeemaneffekt und stützt sich daher (vgl. den Schluß von Nr. 5) mehr auf den Zähler unserer Darstellung von $\Delta\nu$ als auf den Nenner. Unser Zerlegungssatz mußte Hn. *Lohuizen* verborgen bleiben, da ihm die Backschen Präzisionsmessungen nicht zur Verfügung standen. Während ich ursprünglich die Veröffentlichung der vollständigen Resultate des Hn. *Back* abwarten wollte, veranlaßt mich die Arbeit des Hn. *Lohuizen* zu dieser vorläufigen Note. Eine gründlichere Publikation meiner (schon vor einiger Zeit gefundenen) Resultate soll in den Annalen der Physik erfolgen.

Der musikalischen Schönheit unserer Zahlentafel wird dadurch kein Abbruch getan, daß sie einstweilen ein Zahlenmysterium darstellt. In der Tat sehe ich bisher keinen Weg zur modellmäßigen Erklärung weder der Dublett-Triplett-Tatsachen noch ihrer magnetischen Beeinflussung. Im gleichen Sinne waren bis vor wenigen Jahren die gesamten spektroskopischen Gesetze ein Zahlenmysterium.

Bei den Seriengesetzen nun hat sich gezeigt, daß die hier herrschenden arithmetischen Beziehungen ihren Grund in der Quantentheorie haben. Es unterliegt keinem Zweifel, daß auch unsere zurzeit noch mysteriöse Zahlentafel auf das Walten verborgener Quantenzahlen und Quantenbeziehungen hinweist.

[1]) Het anomale Zeeman-Effect, Amsterdamer Akademie, Mai 1919.

Der Mensch als Kraftmaschine.

Von Carl Oppenheimer, München.

Der Versuch, den arbeitenden und wärmeausstrahlenden Körper eines Tieres und damit auch des Menschen mit einer Kraftmaschine, etwa der Art einer Dampfmaschine oder eines Benzinmotors, zu vergleichen, liegt außerordentlich nahe. Hier wie dort sehen wir ein System, das Stoffe aufnimmt, die unter Sauerstoffzufuhr der Verbrennung zugänglich sind; hier wie dort sehen wir jene Stoffe innerhalb des Systems verschwinden, und als ihre letzten Oxydationsprodukte in der Hauptsache Kohlensäure und Wasser auftreten, während gleichzeitig als Resultat dieser chemischen Umwandlungen zwei neue Energieformen, nämlich *mechanische Arbeitsleistung und Wärme*, entstehen. In der Tat ist diese Anschauung, soweit sie auf einer einfachen Analogisierung beruht, schon bis in die Anfangsgründe der modernen Entwicklung der Chemie zurück zu verfolgen. Wie auf so vielen Gebieten, war auch hier *Lavoisier* der erste, der unklare Ideen in eine scharfe Form gefaßt hat, indem er der Meinung Ausdruck gab, daß auch der Stoffwechsel des lebenden Körpers nichts anderes sei als eine Verbrennung der ihm zugeführten Nahrungs-

stoffe, und die Vermutung aussprach, daß die Wärmemengen, welche die Nahrungsstoffe innerhalb des lebenden Körpers bei ihrer völligen Vereinigung mit Sauerstoff liefern können, dieselben sein müssen, wie sie die Verbrennung der Stoffe außerhalb des Körpers durch direkte Verbrennung erzeugt. Es handelt sich hier, worauf ausdrücklich hinzuweisen ist, also zunächst nur um die Vergleichung der *Wärmeproduktion* innerhalb eines lebenden und eines maschinellen Systems: es konnte dies ja auch gar nicht anders sein, da die Gesetze der gegenseitigen Vertretung von Wärmeenergie und anderen Energieformen noch völlig unbekannt waren. Aber auch nachdem durch die klassischen Forschungen von *Robert Mayer, Joule* und *Helmholtz* die Vertretungswerte der Wärme und der mechanischen Energie geklärt waren, blieb doch innerhalb der Physiologie die Denkrichtung fast ausschließlich zunächst auf die Prüfung der kalorischen Verhältnisse der Maschine Mensch gerichtet, und diesem Beharrungsvermögen ist es zu verdanken, daß man bis vor ganz kurzer Zeit nur selten und ohne großen Widerhall das historische Fundament dieses ganzen Gedankengebäudes kritisch zu durchleuchten versucht hat. Man prüfte kaum die *Grundfrage,* ob denn tatsächlich der tierische Körper eine Maschine ist, die auf Kosten der einmal erzeugten Wärmeenergie arbeitet, ob also das Maschinensystem Mensch aus *kalorischen* Maschinen nach Art der Dampfmaschine oder eines Benzinmotors besteht. Erst in neuester Zeit hat man diese Frage mit dem Rüstzeug der modernen physikalischen Chemie erneut aufgenommen und ist zu der fast absolut sicheren Überzeugung gelangt, daß der Organismus *keine* kalorische Maschine ist (*Höber, Hill, Meyerhof* u. a.).

Er ist vielmehr eine *chemodynamische* Maschine, d. h. er erzeugt seine kinetische Energie aus chemischer Energie, ohne daß Wärme überhaupt als Zwischenenergie auftritt. Will man einen bekannten Vergleich, so liegt der mit einem galvanischen Element am nächsten, bei dem als Zwischenenergie zwischen chemischer und kinetischer Energie Elektrizität auftritt. Bei dem Muskelmotor ist freilich die Art der Zwischenenergie noch nicht sicher bekannt (s. u.).

Der Hauptgrund, warum die Auffassung der kalorischen Maschine fallen muß, ist die Tatsache, daß sie nicht in der Lage ist, den hohen *Wirkungsgrad* des Muskelmotors, d. h. seine Leistung dividiert durch den Energieverbrauch, zu erklären. Bekanntlich sind die Wirkungsgrade einer Maschine nach dem II. Hauptsatz der Thermodynamik bedingt durch die verfügbare *Temperaturspannung;* und selbst bei weitherzigster Annahme der verfügbaren Differenzen kann man Wirkungsgrade von 40 % und darüber bei der Muskelmaschine nicht erklären.

Läßt man aber die kalorische Theorie fallen und sieht man den Muskel als eine chemodynamische Maschine an, so muß man daraus noch sogleich eine sehr weittragende theoretische Konsequenz ziehen. Alle unsere Untersuchungen über den Energiewechsel benutzen als Maßeinheit das Wärmemaß, die *Kalorie.* Dies ist zulässig, wenn tatsächlich *Wärme* als Zwischenenergie angenommen wird. Die Kalorie verliert aber jede theoretische Bedeutung als Maßstab, wenn Wärme als Zwischenenergie ausgeschaltet wird. Die Kalorie ist das Maß für die *Gesamtmenge* an Energie, die bei einer chemischen Reaktion umgesetzt wird, die sog. *Wärmetönung.* Diese Größe ist aber absolut nicht identisch mit dem Maß an *Arbeit,* das bei einer chemischen Reaktion zu erzielen ist, der *maximalen Arbeit* (*Nernst*) einer chemischen Reaktion. Diese ist nicht abhängig vom Umsatz der Gesamtenergie, sondern nach *Helmholtz* der sog. *„freien"* oder verfügbaren Energie. In fast allen Fällen ist bei freiwillig verlaufenden Vorgängen diese letztere Größe *kleiner* als der Umsatz an Gesamtenergie; dann tritt noch in jedem Falle außer der Arbeit Wärme sozusagen als Nebenprodukt auf (*exotherme Reaktion*).

Dies ist auch beim Umsatz chemischer Energie in der lebenden Substanz der Fall; es entsteht stets *neben* Arbeit noch Wärme. Aber die Wärmebildung ist *nicht* Zwischenstufe, sondern Nebenreaktion. Infolgedessen verliert die Kalorie als das Maß des Umsatzes an Gesamtenergie jede Bedeutung für die Messung der für die eigentliche *Arbeitsleistung* des lebenden Organismus aufgewendeten Energie und bleibt nur der — unbestrittene — Maßstab für seine Gesamtwärmeumsetzung.

Diese zweifellos feststehende theoretische Unzulänglichkeit der Kalorie als Maßstab für die Umsetzungen bei den Arbeitsleistungen des Organismus ist auf den ersten Blick geradezu erschreckend. Denn mit dem Maßstab der Kalorie ist unsere ganze moderne Stoffwechselphysiologie mit ihrem ungeheuren Material an Zahlen und Werten gezimmert worden. Nun wäre dieses Material zwar noch brauchbar, soweit es sich nur um die Wärmeumsetzungen des Tierkörpers handelt, unbrauchbar dagegen, wenn wir die Werte für die Beziehungen zwischen Energieaufnahme in der Nahrung und den Arbeitsleistungen betrachten, gerade das wichtigste und modernste Gebiet der Stoffwechsellehre.

Indessen ist die Sache glücklicherweise nicht so arg, wie es scheint. *Theoretisch ist die Kalorienrechnung sicherlich falsch:* aber der Fehler ist sehr klein, viel kleiner als die Fehler unserer Messungen. Es war dies schon auf Grund der chemischen Dynamik zu erwarten. Wir wissen, daß im allgemeinen bei Reaktionen, die bei niederer Temperatur und annähernd vollständig ohne Ausbildung meßbarer Gleichgewichte verlaufen, die Differenz zwischen der Wärmetönung und der maximalen Arbeit sehr klein zu sein pflegt. Um solche Reaktionen handelt es sich nun bei allen physiologischen energieliefernden

Oxydationsreaktionen zweifellos. Es ist aber auch noch experimentell auf Grund des Nernstschen Wärmetheorems von *Báron* und *Polanyi* erwiesen worden, daß bei der Oxydation von Fett, Zucker usw. die maximale Arbeit innerhalb der Fehlergrenze tatsächlich mit der Wärmetönung übereinstimmt. Unbeschadet also des theoretischen Fehlers können wir ruhig an der althergebrachten Kalorienrechnung festhalten, wenn wir uns nur darüber klar sind, daß wir hier nur einen praktischen Maßstab anwenden, nicht aber auf die innere Natur der Vorgänge damit präjudizieren.

Es wird also durch diesen immanenten kleinen Fehler das nach vielen Irrgängen und Mühen errungene Grundgesetz der Energieumwandlungen im tierischen Organismus nicht erschüttert, das wir nach einigen Vorarbeiten *Max Rubner* verdanken, und das man mit dem Namen des *Isodynamiegesetzes der Nährstoffe* bezeichnet. Alle Stoffe, welche überhaupt Nährstoffe sind, d. h. in den Zellen des Organismus abgebaut und oxydiert werden, liefern bei dieser Oxydation nicht nur dieselbe Menge Wärme, als wenn man sie bis zu derselben Oxydationsstufe auf rein chemischem Wege oxydiert, sondern ermöglichen auch bei dieser oxydativen Umsetzung dieselbe *Arbeitsleistung*, die ihrer Verbrennungswärme entspricht. *Alle* Nährstoffe sind also in gleichem Sinne die *„Quelle der Muskelkraft"*.

Ein erheblicher, meßbarer Fehler würde in dieser Betrachtung nur dann enthalten sein, wenn sich zwischen den Hauptgruppen der Nährstoffe *gröbere Differenzen* zwischen ihrem kalorischen Wert, also ihrer Gesamtenergie, und ihrer Arbeitsfähigkeit, also ihrer freien Energie, auffinden ließen. Dann hätten wir eben nicht einen kleinen überall gleich bleibenden immanenten Fehler unserer Betrachtungen, sondern erheblichere Abweichungen, die berücksichtigt werden müßten. Es scheint dies aber nicht der Fall zu sein. Es gibt zwar eine scheinbare Ausnahme vom Isodynamiegesetz, nämlich die von *Rubner* selbst gefundene Tatsache, daß unter gewissen Bedingungen die Eiweißkörper bei gleichem kalorischen Umsatz weniger Arbeitsenergie hergeben als Fette, aber diese „spezifisch-dynamische" Wirkung der Eiweißkörper läßt sich auf Grund ihrer chemischen Abbauprozesse erklären, ohne daß man zu der auch aus anderen Gründen als höchst unwahrscheinlich erwiesenen Ansicht greifen müßte, es wäre ihre freie Energie meßbar verschieden von der *der Fette und Kohlenhydrate*.

Um es kurz anzudeuten, hat die „spezifisch-dynamische" Wirkung der Proteine, also die Erhöhung des Wärmeumsatzes bei gleichbleibender *Arbeitsleistung* des Organismus im Ruhestoffwechsel (s. u.) drei Wurzeln. Erstens wirken die Abbauprodukte der Proteine (Aminosäuren, Harnstoff) als *Reize* auf die Zellen, erhöhen die Zellarbeit und damit den Umsatz. Zweitens stellt die *Verdauung* der Proteine und die *Ausscheidung des Harnstoffes* durch die Nieren wiederum erhöhte Ansprüche an die Zelltätigkeit. Drittens werden nicht die Aminosäuren selbst im Muskel verbrannt, sondern sie werden vorher unter Oxydation in der Leber vom Stickstoff befreit. Dabei verlieren sie eben schon einen Teil ihrer freien Energie. Sie kommen also schon mit einem Minderwert an Energie in den Muskel, während der Gegenwert dieser Verminderung als Wärme auftritt. Ein Minderbewertung der im Muskel oxydierten stickstofffreien Eiweißspaltprodukte ist sehr unwahrscheinlich, da sie bei Messung der reinen äußeren Arbeit dieselbe freie Energie zeigen wie die Kohlenhydrate (*Zuntz*). Es ist also kein Hinweis darauf vorhanden, daß die freie Energie der verschiedenen Muskeltreibstoffe irgendwie im Rahmen unserer Messungsmöglichkeit verschieden sein könnte.

Wir können also bei der allgemeinen Betrachtung des Menschen als Kraftmaschine von allen diesen Bedenken absehen und zu zeichnen versuchen, wieweit man unter Benutzung der Kalorie als Maßstab Aufschlüsse über die Wirksamkeit des menschlichen Körpers als Kraftmaschine gewinnen kann.

Prüfen wir zunächst die Frage, in welcher Form denn die Energie *aufgenommen* wird, so finden wir im Prinzip hier eine vollkommene Analogie mit der Kraftmaschine. Auch die Maschine Mensch arbeitet ganz ausschließlich auf Kosten zugeführter *chemischer Energie*. Ganz im Gegensatz zu den grünen Pflanzen, bei denen ein außerordentlich großer Teil der chemischen Stoffwechselumsetzungen auf Kosten der strahlenden Energie des Sonnenlichtes bestritten wird, ist der tierische Organismus, zum mindesten aller irgendwie höher organisierten Wesen, nicht imstande, irgendwelche anderen Energien aufzunehmen als die mit den Nahrungsmitteln (einschließlich des Sauerstoffes) dargebotenen chemischen Energien. Auch die äußeren Formen, in denen die umgewandelten Energien wieder zutage treten, sind dieselben wie bei der toten Maschine. Solange die Maschine Mensch Arbeit leistet, wird auch von ihr neben der geleisteten mechanischen Energie *Wärme* abgegeben, und wenn sie völlig „ruht", d. h. keine äußere Arbeit im physikalischen Sinne leistet, so *tritt die gesamte zugeführte und umgesetzte Energie als Wärme wieder zutage*. Hier wie dort ist es schließlich ohne weiteres ersichtlich, daß ein Teil der ausstrahlenden Wärme unter allen Umständen *durch die Reibung* entstanden sein muß, die bei der Umsetzung in effektive Arbeit nebenher entstehen muß. Diese Reibungswärme muß sogar in dem Falle, daß die Maschine zwar sich bewegt, aber keine Arbeit im physikalischen Sinne leistet, also keine neue *Energie der Lage* bildet, schließlich als Ausdruck *der gesamten* umgesetzten Arbeit zutage treten.

Auch die chemischen Vorgänge, die mit den Transformationen der chemischen Energie in andere Energieformen einhergehen, sind im wesentlichen dieselben. Es handelt sich um eine Verbindung der aufgenommenen Stoffe mit Sauerstoff bis zu einem sehr weitgehenden Grade, und das Ausmaß an verfügbarer Energie hängt eng mit dem Grade dieser Oxydation zusammen.

Indessen darf man sich durch diese auf der Hand liegenden Analogien nicht dazu verführen lassen, allzutiefe Ähnlichkeiten der Maschine Mensch mit einer einfachen kalorischen Maschine anzunehmen. Bei nächster Betrachtung stoßen wir sofort auf wesenswichtige Unterschiede. Diese beruhen darauf, daß der lebende Organismus im Gegensatz zu der immer relativ einfach arbeitenden toten Maschine eine äußerst komplizierte *innere Ökonomie* hat, was wir eben mit dem Ausdruck umschreiben, daß er ein *„lebendes Wesen"* ist.

Sehr wesentlich ist z. B. die Tatsache, daß die *Aufnahme von Energie* seitens der lebenden Maschine an ganz bestimmte chemische Bedingungen geknüpft ist. Im Feuer eines Dampfkessels verbrennt schließlich alles, was überhaupt verbrennlich ist, und gibt dabei seinen Energieinhalt ab, ob Kohle oder Wasserstoff oder Benzin oder Schwefel usw. Die Maschine Mensch nimmt aber nur an einer sehr begrenzten Gruppe von Stoffen jene chemischen Umsetzungen vor, die zur Energiegewinnung führen. Es sind dies eben die *Nährstoffe* im Gegensatz zu allen anderen chemischen Stoffen. Alle Stoffe, die nicht als Nährstoffe benutzt werden können, werden möglichst dem Inneren des Körpers, dem Blute und den Zellen ferngehalten. Diesem Zwecke dient das Vorspiel der *Verdauung*. Alle Stoffe, die nicht in den Darmsäften löslich sind, werden z. B. sofort aussortiert und gelangen mit dem Unverdauten in den Kot. Aber durchaus nicht alles, was von der Darmwand aufgenommen wird, ist ein Nährstoff. Wenn solche Nichtnährstoffe selbst schon in die Blutbahn eingedrungen sind, werden sie wieder sortiert; ein Teil wird gänzlich unverändert, ein anderer Teil nach geringfügigen chemischen Veränderungen wieder durch den Harn entfernt. Ganz ohne Analogie ist ja auch dies bei der toten Maschine nicht: auch bei dieser bleiben Reste unverwerteter Energie in den Außenbezirken zurück in Form der unverbrannten Kohlenteilchen auf dem Rost; und auch bei dieser werden auch schon aufgenommene Energiemengen nicht völlig verwertet, wenn z. B. aus einem Benzinmotor geringe Mengen Brennstoff ungenutzt entweichen. Aber bei der Maschine sind dies immer nur unbedeutende und akzidentelle Vorgänge, während die Sorgfalt in der Auswahl der aufzunehmenden Energieträger für die lebende Maschine etwas Wesenswichtiges ist, so wesentlich, daß eben die allergrößte Mehrzahl aller bei der Oxydation Energie liefernden Substanzen, wie Kohle, Wasserstoff, Kohlenwasserstoffe usw. der lebenden Maschine absolut nicht als Energieträger dienen können. Darum heben sich die wenigen Nährstoffe so ungemein scharf aus der Reihe aller chemischen Substanzen heraus.

Weiter ist als wichtiger Unterschied zu beachten, daß die tote Maschine auch mit dem *Grade der Oxydation* nicht so wählerisch ist. Hier gilt immer als erstrebenswertes Ziel, so intensiv und restlos wie irgend möglich zu oxydieren; und Abweichungen von diesem Ziel sind im wesentlichen nur Unvollkommenheiten der Maschine zuzuschreiben.

Bei der Maschine Mensch ist es dagegen eine *Regel*, daß nicht alle Substanzen völlig in die letzten Oxydationsstufen übergeführt werden. Total oxydiert werden allerdings in der Norm die Fette und Kohlehydrate, nicht aber die Eiweißkörper. Diese werden im Tierkörper niemals so oxydiert, wie bei ihrer totalen Verbrennung; es tritt vielmehr als eine der letzten Oxydationsstufen Harnstoff auf, der noch chemische Energie besitzt und mit dieser durch den Harn entfernt wird. Bei der Aufstellung von Energiebilanzen im Tierkörper muß also stets der Brennwert des Harnes in Rechnung gestellt werden.

Wollen wir aber eine Energiebilanz aufstellen, so müssen wir dazu die Einnahmen und Ausgaben an Energie bestimmen können, also den *Umfang* des Energiewechsels. Auf Grund des Isodynamiegesetzes können wir dabei von der stofflichen Natur der umgesetzten Materialien ganz absehen und die ganze Bilanz einheitlich in Kalorien bestimmen. Man kann sowohl die *Einnahme* wie die Abgabe von Kalorien bestimmen; erstere, indem man die zu einer gewissen Zeit aufgenommenen Nährstoffe auf ihren kalorischen Wert hin mißt und den Brennwert von Kot und Harn abzieht. Die *Ausgabe* bestimmt man entweder durch die direkte Messung der abgegebenen Wärme in den sog. *Kalorimetern*, oder aus der Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlendioxyd, dem sog. *Gaswechsel*, dessen Zahlen nach einfachen Gleichungen in Kalorien umzurechnen sind. Dabei spielt der sog. „respiratorische Quotient" eine große Rolle, das Verhältnis von aufgenommenem Sauerstoff zur abgegebenen Kohlensäure, $\frac{CO_2}{O_2}$, das angibt, in welchem Maße Kohlenhydrate resp. Fette am Energiewechsel beteiligt sind; den Umfang des Eiweißumsatzes weist der Harnstickstoff nach. Die exaktere der beiden Methoden ist für die Bestimmung des Umsatzes die Messung der *Abgabe* von Energie. Mit ihrer Hilfe bestimmen wir also den *Umfang des Energiewechsels*.

Dabei stoßen wir sofort wieder auf einen grundlegenden Unterschied zwischen der toten und lebenden Maschine. Es ist nämlich bei der lebenden Maschine der *Verbrauch in sehr weiten Grenzen unabhängig von der Zufuhr*. Die Tätigkeit z. B. eines Benzinmotors kann ich

ganz unbeschadet der von ihm verlangten Arbeitsleistung, also auch im Leerlauf in sehr weiten Grenzen danach regulieren, ob ich ihm mehr oder weniger Gas zuführe: hier ist also innerhalb weiter Grenzen der Verbrauch abhängig von der Zufuhr; umgekehrt ist bei der lebenden Substanz, also bei der Arbeit der einzelnen Zellen unbedingt das Primäre und Entscheidende der Bedarf, die mehr oder minder großen Anforderungen, die an die Zellen und ihre Arbeitsleistungen gestellt werden; und dieser *Bedarf erzwingt* eine bestimmte Zufuhr von Energie, nicht aber kann der Verbrauch durch eine mehr oder minder große Zufuhr von Energie seinerseits in nennenswertem Umfang verändert werden.

Daraus ergeben sich zwei wichtige Grenzfälle: würde man den verbrauchenden Systemen mehr als nötig Energie zuführen, so könnten sie diese überhaupt nicht verwerten; und würde ihnen für den tatsächlichen Bedarf zu wenig zufließen, so würde die Fortdauer des Verbrauches sie zwingen, ihre eigene Substanz als Energiequelle zu verwenden. Es bedürfen also die Zellen einer Energiequelle, die dauernd genau in dem Maße fließt, wie es ihr Verbrauch erfordert. Diese Einstellung ist aber durch die Regelung der Zufuhr von außen her, also die *Nahrungsaufnahme allein,* nicht zu erreichen. Um also dieses täglich und stündlich wiederkehrende Mißverhältnis zwischen innerem Verbrauch und äußerer Zufuhr auszugleichen, gibt es kein anderes Mittel, als im Organismus selbst *Energiereserven* anzulegen, Depots an energietragenden Substanzen, die bei den Pausen zwischen den äußeren Zufuhren und auch bei plötzlich eintretendem übernormalen Bedarf in Anspruch genommen, bei reichlicher äußerer Zufuhr wieder aufgefüllt werden. Als solche Reserven dienen die Anhäufungen von Fett und Glykogen (tierische Stärke) in den Geweben. Dieses Grundgesetz des tierischen Stoffwechsels, daß das Entscheidende der primäre Bedarf der Zellen ist, führt sogar dazu, daß im Hunger, ja bis kurz vor dem Hungertode, der Umsatz kaum sinkt. Es dienen dann die Körperstoffe selbst als Nährstoffe, schließlich wird auch die lebende Substanz angegriffen, und damit beginnt die Auflösung.

Es ist nun eine der wichtigsten Fragen, *wofür* denn die Zellen des Organismus die Energie verbrauchen, zu welchen Zwecken denn die zahllosen kleinen Zellmaschinen fortwährend in Tätigkeit sind. Wenn der Körper wirkliche *Arbeit* leistet, braucht er dafür natürlich Energie, und in der Tat finden wir, daß jegliche Arbeit den Aufwand steigert. Aber auch bei *völlig* ruhendem Körper finden wir einen sehr erheblichen Verbrauch, der für ein gegebenes Individuum dann der *Minimalverbrauch* ist, der sog. *Ruhewert.* Dieser wird schon bei Nahrungsaufnahme gesteigert, da die Assimilation der Nahrung verschiedene Arten von Arbeit bedingt (Verdauungsarbeit, Zellarbeit) und auch die dabei auftretenden chemischen Abbauvorgänge überschüssige Wärme verursachen (spezifisch-dynamische Wirkung, besonders der Eiweißkörper, s. o.). Ganz besonders aber steigt der Umsatz bei jeder Art von Muskelarbeit. Diese Steigerung bezeichnet man als den *Leistungszuwachs.* Der *Ruhewert* schwankt mit Rasse, Konstitution usw. stark, ist aber für jedes Individuum lange Zeit konstant. Er beträgt für den Erwachsenen etwa 1 Kalorie pro Kilogramm und Stunde, also bei 70 kg etwa 1800 Kalorien pro Tag. Der Umsatz steigt aber bei ruhigem Leben ohne eigentliche Körperarbeit auf etwa 2400 Kalorien und bei schwerer Arbeit bis auf 4000 und darüber.

Es fällt nun zunächst auf, daß bei relativ leichter Arbeit nur ein geringfügiger Anteil auf diesen sogenannten *„Leistungszuwachs"*, also auf die wirklich geleistete äußere Arbeit entfällt, ein ganz überwiegender Teil auf den *Energieumsatz bei absoluter Körperruhe.* Es ist deshalb und zu weiterem Verständnis der gesamten Energieumsetzungen im lebenden Körper notwendig, diesen Begriff des Ruhewertes näher zu analysieren und zu versuchen, aufzuklären, woher die recht erheblichen Energieumsetzungen resp. Wärmeabgaben des scheinbar völlig ruhenden Körpers stammen. Schon bei oberflächlicher Betrachtung aber sieht man, daß der sog. ruhende Körper in Wahrheit *durchaus nicht ruhend* ist. Es werden ganz grob erkennbare mechanische Arbeiten geleistet, so vom Herzen, den Atemmuskeln usw. Hier wird offensichtlich mechanische Arbeit vollbracht, die aber keine äußere Energie gewinnen läßt; sie wird vielmehr durch die Reibung der einzelnen Teile, z. B. der Atemluft in den Luftwegen, der Brustmuskeln beim freiwilligen Senken des Brustkorbes, des Blutes beim Strömen an den Gefäßwänden usw. vollkommen *in Wärme transformiert.* Wir haben also hier die erste zweifellose Quelle der Wärmeerzeugung im Körper aufgedeckt, es ist *Reibungswärme,* ganz sekundär aus verbrauchter kinetischer Energie entstanden. Indessen kann diese Reibungswärme nicht ausreichen, um den gesamten Wärmeumsatz des ruhenden Organismus zu erklären. Ein sehr erheblicher Teil dieses Umsatzes fällt vielmehr auf die sog. *Organarbeit,* die Arbeit der Zellen in allen Geweben, so der Leber, Niere usw. Die Organarbeit ist *keine* mechanische Arbeit; ihr näheres Studium führt uns in den Kern der tierischen Energetik hinein, wenn auch hier noch durchaus nicht alle Rätsel gelöst sind. Ein Teil der Arbeit ist jedenfalls *physikalisch-chemische,* z. B. osmotische Arbeit. Gerade wie eine mechanische Arbeit gegen die Kraft der Schwere geleistet wird, wenn der Muskel ein Gewicht hebt, so kommen in der Zelle Hebungen von Molekülen gegen die osmotische Kraft vor: die Schaffung von osmotischen Ungleichgewichten, die sich dann im Verlaufe des Zellebens spontan wieder ausgleichen.

wobei dann ebenfalls das Gefälle der osmotisch wirksamen Substanzen zu einer Bewegung wird, die in Wärme übergeführt wird. Solche osmotischen Arbeiten werden am sichtbarsten bei allen Vorgängen der *Sekretion* geleistet, bei der Ausscheidung von Speichel, Harn usw. Aber sie kommen auch bei allen Vorgängen weiterhin in Betracht, wo überhaupt Stoffe von den Zellen aufgenommen oder abgegeben werden, sie dienen also ebenso wie die Arbeiten des Herzens und der Atmung *der Verteilung und Verarbeitung der Nährstoffe und Abfallstoffe;* die dafür aufgewendete Energie dient also der Organisation des ungemein komplizierten lebenden Systems Mensch. Außer der osmotischen Arbeit kommen noch andere Arten von physikalisch-chemischer Arbeit, insbesondere *Quellungsarbeit, Oberflächenspannung*, elektrische Potentialbildungen, in Betracht, für die prinzipiell dasselbe gilt.

Ein weiterer erheblicher Teil der Wärmeabgabe rührt aber wiederum noch aus ganz anderen, nämlich *rein chemischen* Prozessen her, bei denen chemische Energie in irreversiblen Vorgängen *direkt* in Wärme verwandelt wird. Die lebende Maschine unterscheidet sich ja darin grundlegend von der toten, daß ihre *Maschinensubstanz einem dauernden Wechsel unterworfen ist.* Wenn eine tote Maschine Abnutzungsschäden aufweist, so wird sie stillgelegt und repariert. Das ist bei der lebenden nicht möglich, denn Stillegung bedeutet Tod. Wenn eine Zelle in ihrer Gänze nicht mehr lebensfähig ist, stirbt sie ab (z. B. Blutkörper). Ihr Material wird abgebaut, z. T. wieder benutzt, z. T. völlig zerstört. Dasselbe aber gilt, wenn die Zelle lebend bleibt, aber einen Teil ihres chemischen Baumaterials als nicht mehr arbeitsfähig abstößt. Der Organismus aber bleibt in der Norm auf seinem Bestande, es müssen also das abgenutzte Zellmaterial, ebenso wie die dauernden Verluste an Körpersubstanz in Hautschuppen, Haaren, Sekreten usw. während des Betriebes selbst wieder ergänzt werden.

Bei allen diesen Vorgängen des Zellabbaues und seiner Ergänzung durch die „Assimilation" der zugeführten Nährstoffe, die auch erst wieder zu ihrem speziellen Zweck chemisch — manchmal recht weitgehend — umgeformt werden müssen, und zwar wiederum durch Abbau, dem ein neuer Aufbau folgt; — bei allen diesen Vorgängen treten neben den rein stofflichen Veränderungen ganz erhebliche *Wärmeabgaben* aus den irreversiblen Anteilen dieser chemischen Reaktionen auf; auch dann, wenn unter *Synthese* Stoffe höheren chemischen Potentials gebildet werden, geschieht dies doch unter Verbrauch von freier Energie in den sog. *„gekoppelten Reaktionen"*, und das Endresultat ist wieder Wärmebildung aus chemischer Energie. Damit haben wir einen zweiten wichtigen Teilfaktor der Wärmebildung in der „Ruhe" aufgedeckt.

Im allgemeinen können wir also folgendes Bild von der Energieumsetzung im Körper zeichnen:

In *allen* Zellen des Körpers, mögen sie zur Leistung äußerer Arbeit berufen sein oder nicht, bestehen dauernd *Spannkräfte.* Eine Spannkraft oder potentielle Energie besagt aber nichts anderes, als daß eine *Arbeitsfähigkeit* vorhanden ist, deren sofortiger Übergang in Arbeit oder Wärme nur durch gewisse Hemmungen beschränkt oder aufgehoben ist. Es sind also überall Ungleichgewichte vorhanden, die nach Ausgleich drängen, und von denen auch dauernd immer ein Teil ausgeglichen wird. Dabei geht ihre potentielle Energie in arbeitende Energie über; und diese kann wieder neue potentielle Energie, neue Ungleichgewichte schaffen, oder aber sie verzehrt sich schließlich, geht durch irreversible Prozesse chemischer oder mechanischer Natur (Reibung) in Wärme über. Da aber, wie bei allen Naturvorgängen, stets *irreversible Anteile* bei diesen Umsetzungen vorhanden sein müssen, so wird in jedem Zeitmoment immer *ein Teil der Ungleichgewichte* dauernd aufgehoben, *definitiv ausgeglichen und in Wärme übergeführt.* Es müssen also dauernd neue Ungleichgewichte geschaffen, neue Spannkräfte gebildet werden. Die zum Neuaufbau solcher Ungleichgewichte notwendige Energie steht aber dem Tier (im Gegensatz zur grünen Pflanze) *nur* in Form von *chemischer Energie* zu Gebote. Nur auf Kosten dieser kann er seine Spannkräfte ergänzen. Diese können rein *chemischer* Natur sein, also der Aufbau hochkomplizierter Stoffe (lebende Substanz, Reservestoffe); dann muß sich die chemische Energie selbst auf höheres Potential bringen, eben durch die erwähnte Reaktionskoppelung. Oder es sind Spannkräfte physikalischer (elektrischer) resp. physikochemischer Natur (osmotische, Oberflächenkräfte bei Kolloiden usw.), die auf Kosten chemischer Energie entstehen.

Bei allen diesen Prozessen tritt *zweimal Wärme* auf; einmal bei der *Entstehung* der Ungleichgewichte als irreversibler Anteil der dieser zugrunde liegenden chemischen Vorgänge; dieser Anteil ist zahlenmäßig nicht exakt zu fassen, aber jedenfalls kleiner als die Wärmemenge, die bei der endgültigen *Ausgleichung* der Ungleichgewichte in rein irreversiblen Prozessen (Reibung, Diffusion usw.) auftritt. Der Weg, auf dem die Gewinnung dieser im letzten Schluß als *Wärme* freigesetzten chemischen Energie vor sich geht, ist stets die *Oxydation der zugeführten Nährstoffe,* mag diese auch mit Aufenthalten durch synthetische Vorgänge, gekoppelte Reaktionen, Ausbildung anderer Energiepotentiale erfolgen. Alle diese Oxydationsvorgänge verlaufen zweifellos mehr oder weniger irreversibel, und so tritt von vornherein ein gewisses Quantum Wärme als Abfall der Energietransformation auf, das ich als *primäre* Wärme bezeichnen möchte. Davon zu trennen ist die *se-*

kundäre Wärme, die aus der Ausgleichung bereits erfolgter *innerer Arbeit* entsteht, also als Reibungswärme nach Muskelarbeit, als Joulesche Wärme bei elektrolytischen Vorgängen, als Quellungswärme bei kolloidalen Zustandsänderungen usw.

Aus diesen Betrachtungen folgt als der für unser Thema wichtigste Schluß, daß durchaus nicht etwa die gesamte dem Körper zufließende Energie maschinellen Zwecken zugeführt wird, daß also *jedenfalls nicht der menschliche Organismus* einer *einheitlichen Maschine zu vergleichen ist.*

Wirkliche Maschinenelemente, d. h. mechanische Arbeiten leistend, sind nur die Muskeln, sowohl die für die innere Arbeit bestimmten, wie Herz, Atemmuskeln, Darmmuskulatur usw., als auch die für die äußere Arbeit bestimmten Gruppen. Alle anderen Zellsysteme leisten entweder physikalisch-chemische Arbeit, oder aber sie verbrauchen ihre Energie in der Schaffung rein chemischer Ungleichgewichte, die dann in teilweise irreversiblen Abbauprozessen direkt Wärme liefern. Aber auch die Zellen des Muskelsystems, die nur *innere* Arbeit leisten, die also nur den Zwecken der Herztätigkeit, der Atmung, der Verdauung usw. dienen, leisten ja auch keine nach außen wirksame Arbeit. Die von ihnen erzeugte mechanische Energie wird im Körper selbst verbraucht und geht sekundär in Wärme über. So sind diese Zellen zwar zweifellos Kraftmaschinen, sind aber nicht dasjenige Element, das die sichtbare Arbeitsleistung des Gesamtorganismus bedingt. Dazu sind nur ganz bestimmte Gruppen von mikroskopischen Kraftmaschinen dienlich, beim Wirbeltier in ganz überwiegendem Maße die Urelemente der quergestreiften Muskeln. Sie allein sind es, welche *nach außen hin* sich erstreckende mechanische Energie produzieren.

Neben den eigentlichen Anlagen zur Leistung äußerer Arbeit finden wir also noch eine große Reihe von Anlagen, die nur sekundär dem maschinellen Zwecke dienen: Vorrichtungen für Aufnahme von Nährstoffen, für Aufspeicherung von Energiereserven, für deren Aufschließung, Verteilung durch den ganzen Organismus, für die Ausscheidung des überflüssigen Abbaumaterials sowie schließlich für die Lenkung und Organisation des ganzen komplizierten Betriebes. Der Mensch ist also durchaus nicht eine Maschine, sondern ein ganzes Werk, in dem nur beschränkte Gruppen von Einzelelementen für wirkliche maschinelle Arbeit geeignet und bestimmt sind. Alle diese verschiedenen Elemente sind völlig unabhängig voneinander in dem Sinne, daß die *Energie nur dort verwertet wird, wo sie unmittelbar aus chemischer Energie transformiert wird.* Die primäre Transformation der chemischen Energie vollzieht sich in zahllosen, äußerst kleinen und gänzlich voneinander unabhängigen Systemen. Natürlich ist diese Unabhängigkeit insofern keine absolute, als sie alle unter dem gemeinsamen Gesetz der Organisation des lebenden Wesens stehen. Diese lenkt durch Nerveneinflüsse und chemische Regulationen (Hormone der inneren Sekretion) das Getriebe der kleinen Maschinen, indem sie durch „Reize" die Sperrungen der vorhandenen Ungleichgewichte in den Zellen ausklinkt und dadurch die Prozesse der Ausgleichung herbeiführt, die den Stoffwechsel ausmachen. Ein wichtiges Hilfsmittel dabei sind die *Fermente* der Zellen, welche es bewirken, daß sich die Vorgänge des Energieumsatzes mit der notwendigen *Schnelligkeit* vollziehen, damit der *Effekt* der Maschinenleistung ein genügend hoher wird.

Neben der Leistung als solcher in der Zeiteinheit, also dem Effekt, interessiert uns aber noch, welchen *Wirkungsgrad* denn das Maschinensystem Mensch erreicht, d. h. in welchem Verhältnis die verbrauchte Energie zur geleisteten Arbeit steht. Ohne auf die z. T. nicht unbegründeten Einwände gegen die Form[1]) dieser Definition einzugehen, sei hier festgestellt, daß man unter dem *physiologischen* Wirkungsgrad versteht die geleistete *äußere* Arbeit, dividiert durch die *hierfür,* also nach Abzug des gesamten Ruhewertes, aufgewendete Energie. Man hat nun bei Steigarbeit diesen Wert zu etwa 0,3 bestimmt, d. h. zu einem Meterkilogramm Arbeit werden 3 mkg Energie verbraucht, bei weniger gut geleisteter Arbeit (Raddrehen usw.) etwas mehr (ca. 4—5). (*Zuntz, Durig, Atwater.*) Der Wirkungsgrad ist also recht gut, entspricht etwa einem guten Benzinmotor und läßt die gebräuchlichen Dampfmaschinen hinter sich.

Diese am ganzen Tier gemessenen Zahlen sind überdies *Minimalzahlen.* Mißt man nämlich die Umsatzsteigerung bei Arbeit, so mißt man noch Nebenleistungen mit, die *nicht* unmittelbar zur Arbeit gehören, z. B. Vermehrung der Herz- und Atemarbeit. In Wirklichkeit ist der isoliert betrachtete Wirkungsgrad der *Muskelmaschine* höher, er ist auf normal mindestens 40 % anzusetzen, und auch am isolierten Muskel ungefähr so hoch, unter besonders günstigen Umständen über 50 % gefunden worden. (*Fick, Hill.*)

---

1) Ich möchte ausdrücklich betonen, daß ich den Einwänden, z. B. von *Schreber,* nur insofern eine gewisse Berechtigung zugeben kann, als sie sich auf die *Bezeichnung* als Wirkungsgrad beschränken, da tatsächlich der Techniker diesen Begriff etwas anders definiert, insofern als er den Verbrauch im *Leerlauf* in den Nenner stellt, der physiologische Begriff dagegen den „Ruhewert" ganz ausschaltet. Wenn man aber *sachlich* den Wirkungsgrad dadurch auf wenige Prozente herabsetzen will, daß man den ganzen Ruhewert in den Nenner stellt, so ist das falsch, denn der Ruhewert hat gar nichts mit einem *Leerlauf* zu tun. In der Ruhe werden vielmehr unentbehrliche *Arbeiten* geleistet, die aber *nicht* zur eigentlichen *Maschinenarbeit* gehören (s. o.). Man *muß* also den ganzen Ruhewert völlig ausschalten, wenn man den Wirkungsgrad der Muskel*maschine* berechnen will.

Dieser relativ hohe Wirkungsgrad der Muskelmaschine führt uns endlich zur Betrachtung der wichtigsten Frage, nämlich nach der *Art der Energietransformation* in der Maschine Mensch. Wir haben schon einleitend bemerkt, daß die bis vor kurzem von den meisten Physiologen angenommene Anschauung, daß der Muskel eine kalorische Maschine sei, nicht mehr festgehalten werden kann. Um eine maximale Arbeit von rund 50 % selbst bei theoretisch günstigster Leitung des Prozesses herauszurechnen, müßte man im Muskel eine „Wärmequelle" von mehreren hundert Grad annehmen; und das ist im höchsten Maße unwahrscheinlich, denn abgesehen von der Unverträglichkeit solcher Temperatur mit der lebenden Substanz ist die ganze Anordnung der Muskelmaschine, die aus zahllosen kleinsten Maschinenelementen mit sehr großer spezifischer Oberfläche und guter Ableitung besteht, von vornherein geradezu das Muster einer *isotherm* arbeitenden, also der kalorischen geradezu entgegengesetzten Maschine. Selbst wenn wir also eine wirkliche „Verbrennung" der Muskeltreibstoffe annehmen wollten, wäre zur Ausbildung einer kompakten, sich nicht sofort durch Wärmefluß abkühlenden „Wärmequelle", wie sie kalorische Maschinen verlangen, keine Gelegenheit.

Es kommt aber dazu, daß eine solche „Verbrennung" tatsächlich nicht existiert, der energieliefernde Oxydationsvorgang ist vielmehr eine unter Mitwirkung von Fermenten erfolgende langsame, stufenweise, ohne Auftreten erheblicher Temperatursteigerung verlaufende, *praktisch isotherme Reaktion.*

Sind schon diese theoretischen Überlegungen an sich sehr geeignet, die Ansicht von der kalorischen Wirkung der Muskelmaschine schwer zu erschüttern, so liegen auch experimentelle Befunde vor, die sie wohl endgültig beseitigen, insbesondere die Arbeiten von *Hill*, die in ihren entscheidenden Punkten mehrfach bestätigt sind (*Weizsäcker, Parnas*). *Hill* fand, daß etwa die Hälfte der bei einer Gesamtzuckung auftretenden Wärme *nicht* vor oder in die eigentliche Arbeit leistende *Kontraktionsphase* fällt, sondern in die ihr nachfolgende *Erholungsphase*. In der eigentlichen Arbeitsphase kann also der Wirkungsgrad sehr hoch, bis 100 %, sein, d. h. die ganze in ihr auftretende Wärme kann sekundäre Reibungswärme sein (da ja der zuckende Muskel keine *bleibende* äußere Arbeit leistet). Dann entsteht — in der Erschlaffungsphase — dieselbe Wärmemenge ohne Arbeit noch einmal, so daß der Wirkungsgrad des Gesamtprozesses eben etwa 50 % beträgt.

Ohne auf die komplizierten Einzelheiten einzugehen, vollzieht sich danach die Muskelarbeit in folgendem Zyklus: Die eigentliche Arbeit der Kontraktion geschieht auf Kosten einer bereits vorhandenen Spannkraft, die sich — mit sehr gutem Wirkungsgrad — in Arbeitsenergie umsetzt; dabei tritt nur eine geringe, sogen. initiale Wärmebildung auf. Dann setzt ein oxydativer Prozeß ein, der unter Freisetzung erheblicher Wärmemengen die Spannkraft wieder herstellt und dabei chemische Energie in eben diese Zwischenenergie umsetzt.

Hill vergleicht den Vorgang mit der Entladung und Aufladung eines Akkumulators. Aber dies ist nur bildhaft gemeint; in Wirklichkeit spielen wohl schwerlich elektrische Spannkräfte bei der Muskelarbeit eine wesentliche Rolle. Es erhebt sich also die letzte große Frage, welcher Art die *Zwischenenergie* bei der Transformation von chemischer Energie in Arbeit ist, wenn Wärme und elektrische Energie auszuschließen sind. In untrennbarem Zusammenhang damit steht natürlich die Frage nach dem *Chemismus* dieser Reaktion. Dieses Problem ist noch nicht völlig aufgehellt, immerhin sind eine Reihe wesentlicher Momente sichergestellt oder wenigstens sehr wahrscheinlich gemacht.

Sicher ist, daß die Transformation der Energie mit den Grundeigenschaften der *Kolloide des Muskels* zusammenhängt. Die von den meisten angenommene Anschauung hält die Kontraktion für eine *Quellungserscheinung* (*Engelmann, Pauli*). Danach enthalten die ungequollenen Kolloide des Muskels eine latente Energie. Durch einen chemischen Reiz beginnen sie zu *quellen*. Dieser Prozeß verläuft unter Verminderung ihrer freien Energie; die Quellung bedingt gleichzeitig eine Volumveränderung der Muskelscheibchen, die zur Verkürzung führt: arbeitleistende Phase. Dann tritt ein oxydativer Vorgang an den Nährstoffen ein, der unter Energieaufwand (auf Kosten chemischer Energie) die Kolloide zur *Entquellung* bringt, ihnen ihre Spannkraft wiedergibt, sie zur neuen Arbeit bereitstellt. Im Grunde nur unwesentlich davon verschieden ist die hauptsächlich von *Bernstein* vertretene Ansicht, daß es nicht Quellungszustände, sondern Veränderungen der *Oberflächenspannung* sind, welche die Verkürzung bewirken.

Eine zweite sichere Tatsache ist die entscheidend wichtige Rolle, welche die *Milchsäure* bei diesen Vorgängen spielt. Sie ist die Reizsubstanz, welche nach dem Maße ihrer Bildung die maßgebenden kolloiden Zustandsänderungen auslöst, die gleichzeitig mit ihrem Wiederverschwinden, und ursächlich damit verknüpft, sich wieder zum Ausgangspunkt zurückbilden. Man kann sie, wenn auch in etwas verschiedener Weise, mit der Quellung wie mit der Oberflächenenergie der Kolloide in Beziehung setzen. Sie ist also jedenfalls die Substanz, mit der das Getriebe der Muskelarbeit gesteuert wird. Weiter weiß man noch, daß sie sich während der Arbeit aus einer Vorstufe, und zwar einer Fruktosediphosphorsäure (*Zymophosphat*) durch einen Fermentvorgang bildet und in der Erschlaffungsphase wieder verschwindet. Das Zymophosphat bildet sich wiederum aus Zuckern, als den eigentlichen Muskelnähr-

stoffen, und zwar wahrscheinlich stets in demselben Maße, wie es in Milchsäure übergeht.

Andere wichtige Fragen stehen noch offen, So haben bis vor kurzem die meisten Autoren nach dem Vorgange von *Fletcher* angenommen, daß das „Verschwinden" der Milchsäure nicht auf einer Zerstörung, sondern auf einer Rückbildung zu einer Substanz höheren Potentials, sei es der „Vorstufe" oder einer noch komplexeren Substanz beruht. Indessen führt diese Annahme in große chemische und energetische Schwierigkeiten, so daß jetzt die Ansicht mehr an Raum gewinnt, daß die Milchsäure in der Erholungsphase *oxydiert* wird und so ganz oder zum Teil die notwendige Energie für den Wiederaufbau der Spannkraft hergibt. *Parnas* fand, daß Sauerstoffverbrauch und Milchsäureschwund in dieser Phase zueinander stimmen, und *Meyerhof*, daß auch der respiratorische Quotient dieser Phase zur Oxydation von Milchsäure paßt.

Dabei machte *Parnas* noch die für die Energetik des Muskels sehr wichtige Beobachtung, daß von der auf Grund des Sauerstoffverbrauches bei Milchsäureoxydation berechneten Wärmetönung tatsächlich nur etwa die *Hälfte* als *Wärme* erscheint. Der Rest bleibt als *potentielle Energie im System erhalten:* es ist die *Arbeit*, die geleistet wird, um die Spannkraft der Kolloide wiederherzustellen. Dieser Befund deckt sich also vortrefflich mit der Grundanschauung, daß die Kontraktionsarbeit in der Hauptsache auf der vorher aufgehäuften freien Energie der Kolloide beruht.

Wenn man die Oxydation der Milchsäure in der Erschlaffungsphase annimmt, werden eine Reihe wesentlicher Probleme im allgemeinen klar. Unklar bleibt allerdings auch dann immer noch der chemische Weg, auf dem die Nährstoffe *nichtzuckerartiger* Natur (Fette und Aminosäuren) energetisch verwertet werden. Hier ist der volle Anschluß der Experimentalarbeit am isolierten Muskel an die allgemeine Stoffwechsellehre noch nicht sicher gefunden, welche damit rechnen muß, daß auch die Nichtzuckerstoffe im Muskel oxydiert werden. Es wird eines sehr exakten Zusammenarbeitens chemischer, gasanalytischer und kalorimetrischer Methoden bedürfen, um auch diesen Punkt noch aufzuklären.

Abgesehen davon kann man aber mit Befriedigung konstatieren, daß auch auf diesem ebenso schwierigen wie wichtigen Gebiet doch schon recht erfreuliche Klarheit geschaffen ist, wenn auch noch manche Probleme der Lösung harren. Gelöst sind die alten Fragen über die *„Quelle der Muskelkraft"*, über die Entstehung der *tierischen Wärme*, über den *Wirkungsgrad* der Muskelmaschine, über die *Art der Energietransformation* von chemischer zu mechanischer Energie; in der Hauptsache auch die Natur der *Zwischenenergie* sowie die Anknüpfung der energetischen an begründete chemische Analyse. Damit sind die Hauptpunkte der tierischen Energetik, soweit das Tier als Ganzes in Betracht kommt, geklärt; das Tier als Kraftmaschine in helles Licht gestellt. Es ist eine Energieanlage, in der neben allerlei Hilfsapparaten auch *chemodynamische Arbeitsmaschinen* tätig sind. Das Tier hat also das von den Technikern so sehnsüchtig bearbeitete Problem gelöst, die maximale Arbeit chemischer Reaktionen mit gutem Wirkungsgrad unter Vermeidung des thermodynamisch beengten Weges über Wärme in nutzbringende Arbeit überzuführen, und zwar auf anderem Wege als über die dem Techniker bisher einzig dafür zu Gebote stehende elektrische Energie.

Wichtigste Literatur.

1) *Báron* und *Polanyi*, Bioch. Zt. *53*, 1 (1913).
2) *Fletcher*, zahlreiche Arb. in Jl. of Physiol. von *42* ab.
3) *Hill*, Sammelref. über seine Arbeiten, Ergebn. d. Physiol. 1916.
4) *Höber, R.*, Physikal. Chemie der Zelle u. Gewebe. IV. Aufl.
5) *Meyerhof*, Pflüg. Arch. *175*, 88 (1919).
6) *Oppenheimer, Carl*, Bioch. Zt. *79*, 302.
7) *Pamas*, Cbl. Phys. 1915, H. 1.
8) *Pauli*, Kolloidchemie der Muskelarbeit. Dresden 1912.
9) *Weizsäcker, V. v.*, z. B. Münch. Med. Ws. 1915. II. 7/8.

Besprechungen.

Struve, Hermann, Die neue Berliner Sternwarte in Babelsberg. Veröffentlichungen der Universitätssternwarte zu Berlin-Babelsberg Bd. *III*, Heft 1. Berlin, Ferd. Dümmlers Verlagsbuchhandlung, 1919.

Die ursprünglich als erstes Heft der Veröffentlichungen der neuen Berliner Sternwarte geplante Beschreibung des Instituts mußte infolge der Kriegsverhältnisse, die eine Verzögerung der Fertigstellung eines Teiles der Instrumente mit sich brachten, bis jetzt verschoben werden. Auch gegenwärtig sind einzelne Instrumente noch in einem unfertigen Zustande, aber im ganzen ist die Einrichtung der Sternwarte so weit gefördert, daß eine Beschreibung keine wesentlichen Lücken mehr aufzuweisen braucht.

Nach kurzem Überblick über die Geschichte des Neubaues der Sternwarte, der nach längeren Verhandlungen mit den zuständigen Behörden im Jahre 1911 begonnen werden konnte und 1913 im wesentlichen beendet war, folgt die Besprechung der instrumentellen Ausrüstung, der Verteilung und Einrichtung der Gebäude, endlich der Hauptinstrumente im einzelnen. Die Ausführungen sind durch Textfiguren, Situationspläne, Querschnitte und Grundrisse sowie durch 11 Tafeln mit Konstruktionszeichnungen und Lichtdruckbildern erläutert.

Von den Instrumenten der alten Sternwarte haben wieder Aufstellung gefunden der neue 30 cm-Refraktor von Zeiß-Repsold, der große Meridiankreis von Pistor und Martins von 1868 (19 cm Öffnung, 2,6 m Brennweite), der der Akademie der Wissenschaften gehörende sechszöllige Refraktor von Merz, mit ausgezeichnetem Objektiv, und ein 4½-zölliger Refraktor von Merz und Mahler. An größeren Instrumenten wurden neu angeschafft: ein großer Refraktor von 65 cm Öffnung und 10,5 m Brennweite (Zeiß, Jena); ein Durchgangsinstrument von 19 cm Öffnung und 2,5 m Brennweite

(Mechanik von Toepfer in Potsdam, Optik von Reinfelder und Hertel in München); ein Vertikalkreis von 19 cm Öffnung und 2,5 m Brennweite (Mechanik von Wanschaff in Berlin, Optik von Steinheil in München); ein photographischer Doppelrefraktor (Astrograph) von 40 cm photographischer, 30 cm visueller Öffnung und 5,5 m Brennweite (Toepfer, Steinheil); ein Spiegelteleskop von 120 cm Öffnung und 8,4 m Brennweite (Zeiß).

Von den kleinen Instrumenten und den Hilfsapparaten sind noch zu nennen ein azimutales Fernrohr (Apochromat) von Zeiß mit 10 cm Öffnung und 1,5 m Brennweite, dessen Optik vorzüglich ist; ein ausgezeichneter Steinheilscher Kometensucher von 13 cm Öffnung und nur 70 cm Brennweite; ein großer Toepferscher Meßapparat für photographische Aufnahmen (ein Meisterwerk der Präzisionsmechanik), endlich eine große Zahl von Pendeluhren von Riefler, Max Richter (Glashütter Fabrikation) u. a. für Beobachtungszwecke und Zeitdienst.

Von dem Astrographen fehlt in der Hauptsache noch der Beobachtungsstuhl und ein vorgesehenes zweites photographisches Objektiv von ebenfalls 40 cm Öffnung für den dritten Strahlengang des dreiteiligen Tubus. Das Spiegelteleskop steht erst in der Rohmontage. Die Feinmechanik, die letzte Retusche des Spiegels, die für das Instrument vorgesehenen Spektrographen und wesentliche Teile der Beobachtungsbühne stehen noch aus.

Der große Refraktor, der Astrograph und der 30 cm-Refraktor sind in den drei Kuppeln des Hauptgebäudes der Sternwarte untergebracht, das Spiegelteleskop und der sechszöllige Refraktor in besonderen Kuppelgebäuden, die Meridianinstrumente ebenfalls in isolierten, halbzylinderförmigen, nach modernen Gesichtspunkten errichteten Meridiangebäuden. Die Beobachtung mit dem großen Refraktor wird durch eine Hebebühne von 4¼ m Hubhöhe erleichtert, die die ganze Grundfläche der großen Mittelkuppel einnimmt. Durch diese Vorrichtung wird die Notwendigkeit eines großen, unbequem zu handhabenden und wesentlich größere Dimensionen der Kuppel verlangenden Beobachtungsstuhles vermieden, indem alle Beobachtungen sozusagen von ebener Erde aus gemacht werden können. Die Kuppeln und die Hebebühne sind von der Firma Zeiß, die Meridiangebäude von der Firma Gebauer in Berlin ausgeführt worden.

Das Hauptgebäude beherbergt außer den drei Refraktoren die Arbeitsräume, die Bibliothek, die Dunkelkammern, Laderäume, die Mechanikerwerkstatt, einen Uhrenkeller usw. Die drei Meridiangebäude sind einander im wesentlichen gleich. Zwei derselben liegen nebeneinander, zwischen ihnen ein isolierter heizbarer Aufenthaltsraum für die Beobachter, elektrische Anlagen usw., darunter der zweite, völlig abgeschlossene Uhrenkeller für die Hauptuhren. Das dritte Meridiangebäude mit dem Pistor und Martinsschen Kreise liegt etwas abseits von den beiden anderen. Das Gebäude des Spiegelteleskops liegt ziemlich entfernt von den übrigen Gebäuden im südwestlichen Teil des Grundstückes. Außer dem Kuppelraum enthält es ein kleines Laboratorium für die Versilberung des Spiegels, eine Dunkelkammer und Kellerräume für eine Heizanlage und etwa noch nötig werdende maschinelle Anlagen (z. B. zur Temperierung des großen Spiegels).

Die Heizung des Hauptgebäudes und der meisten Wohnhäuser erfolgt von einer Zentrale im Nordosten des Grundstückes aus mittels Warmwasseranlage. Störende Rauchentwicklung ist auf diese Weise völlig vermieden.

Die geographischen Koordinaten der Sternwarte sind für den Standort des großen Refraktors: Länge östlich von Greenwich (Transit Circle) $0^h\ 52^m\ 25{,}49^s$, Polhöhe $+52°\ 24'\ 24{,}2''$, Meereshöhe 82,5 m.

Die Uhrenanlage dient außer den wissenschaftlichen Beobachtungen der Sternwarte dem öffentlichen Zeitdienst. Da die Einrichtung im wesentlichen die gleiche wie auf der alten Sternwarte ist, so erübrigt sich ein näheres Eingehen. Erwähnt sei nur, daß eine drahtlose Einrichtung zum Abhören der Zeitsignale in Norddeich, Nauen und Paris geschaffen wurde, die jedoch mit Kriegsbeginn außer Betrieb gesetzt werden mußte.

Der eingehenden Besprechung der Hauptinstrumente sei folgendes entnommen: Das Toepfersche Durchgangsinstrument ist bereits zu einer größeren Fundamentalreihe benutzt und als vorzüglich erprobt worden. Dasselbe gilt von dem in erster Linie ebenfalls zu Fundamentalbeobachtungen bestimmten Wanschaffschen Vertikalkreis, der auch eine Horrebow-Talcott-Einrichtung für Polhöhenuntersuchungen besitzt. Das Durchgangsinstrument ist mit unpersönlichem Mikrometer mit Motorbetrieb versehen. Der alte Meridiankreis hat ein unpersönliches Mikrometer ohne Uhrwerk; er dient Zonenbeobachtungen. Gegenwärtig werden mit ihm die Örter der Anhaltsterne für die Potsdamer photographische Zone festgelegt.

Der große Refraktor ist in erster Linie zu Mikrometermessungen an Satelliten, kleinen Planeten, Doppelsternen, Kometen, Planetenoberflächen und dergl. bestimmt, daneben aber auch zu Beobachtungen mit einem unpersönlichen Mikrometer und zur photographischen Aufnahme mittels Gelbfilter auf orthochromatischen Platten. Zu letzterem Zweck dient eine Kamera mit Leitmikroskop. Es ist auch eine Korrektionslinse für photographische Zwecke vorhanden, die jedoch nur ein kleines brauchbares Gesichtsfeld liefert. Die Untersuchung des Instrumentes, das schon seit einigen Jahren im Betrieb ist, hatte ein recht befriedigendes Ergebnis. Das Objektiv ist sehr gut ausgefallen, die Stabilität der Aufstellung und der sonstigen Instrumentalkonstanten war bisher durchaus zufriedenstellend. Die Schraube des Fadenmikrometers hat sehr kleine periodische und fortschreitende Fehler. Die Nachführung des Fernrohres durch das Uhrwerk (Reibungsregulator und Sekundenkontrolle) war bisweilen noch Störungen ausgesetzt, die mit den Kriegsverhältnissen (mangelhaftes Schmiermaterial) zusammenzuhängen scheinen.

Der Astrograph ist erst seit kurzem in Tätigkeit. Die Optik ist sehr gut gelungen, die mechanische Ausführung bis auf die reichlich große Biegung der Deklinationsachse ebenfalls. Letztere rührt wahrscheinlich von der Führung der Deklinationsachse in Kugellagern her; jedoch ist die Justierung noch keine endgültige und daher eine Verringerung der Biegung vielleicht ohne größere Umänderungen möglich.

Der 30 cm-Refraktor wird ausschließlich zu lichtelektrischen Messungen benutzt. Das Zeißsche Objektiv ist von ausgezeichneter Beschaffenheit, ebenso die Repsoldsche Montierung. Das Instrument ist bereits früher in Berlin anläßlich größerer Mikrometerreihen, die mit demselben ausgeführt wurden, genauer untersucht worden. Der gegenwärtig an ihm befindliche lichtelektrische Apparat ist schon an anderer Stelle beschrieben.

Das Spiegelteleskop von Zeiß ist noch nicht in Betrieb. Es soll in erster Linie spektrographischen Ar-

beiten dienen. Es kann sowohl als Newtonscher wie als Cassegrainscher Reflektor benutzt werden. Zu dem Zweck sind zwei gleiche vertauschbare Oberteile des Tubus mit den entsprechenden Hilfsspiegeln vorhanden. Die primäre Brennweite (Newtonsystem) beträgt 8,4 m, die Äquivalentbrennweite des Cassegrain-Systems rund 24 m. Der gegenwärtig im Bau befindliche Spektrograph ist ein Einprismenspektrograph mit drei verschiedenen Kamerabrennweiten und zwei vertauschbaren Prismen, einem aus gewöhnlichem O 102-Fernrohrflint und einem aus leichterem Flint mit größerer Violettdurchlässigkeit. Der Spektrograph soll in Verbindung mit dem Cassegrainsystem benutzt werden. Die mechanische Einrichtung des Reflektors entspricht mutatis mutandis der des großen Refraktors.

Die der Veröffentlichung beigegebenen Tafeln enthalten Konstruktionszeichnungen des großen Refraktors, der großen Kuppel, der Meridiansäle und des Spiegelteleskops, ferner Lichtdruckbilder der Gesamtansicht des Hauptgebäudes und der größeren Instrumente.

Mit der neuen Berliner Sternwarte auf dem Babelsberg ist ein erstklassiges, den modernen Anforderungen gewachsenes Forschungsinstitut geschaffen worden, dem es hoffentlich gelingen wird, seiner hohen Aufgabe trotz der Ungunst der äußeren Verhältnisse mit allen Kräften dienen zu können.

P. Guthnick, Berlin-Neubabelsberg.

Peters, J., Siebenstellige Werte der trigonometrischen Funktionen von Tausendstel zu Tausendstel des Grades. Bearbeitet im Auftrage der Optischen Anstalt C. P. Goerz Akt.-Ges. Berlin-Friedenau, Verlag der Optischen Anstalt C. P. Goerz Akt.-Ges., 1918. Preis M. 48,—.

In zwei Richtungen vollzieht sich etwa seit dem vorletzten Jahrzehnt des verflossenen Jahrhunderts ein Umschwung in den Methoden des Rechnens. Um diese Zeit waren eine ganze Anzahl neuer Rechenmaschinen entstanden und fanden rasche Verbreitung. Dadurch wurde dem logarithmischen Rechnen eine erfolgreiche Konkurrenz bereitet, da nicht nur die Geistestätigkeit entlastet, sondern auch eine erhöhte Sicherheit erreicht wird. Sodann haben die Bestrebungen, die dezimalen Teilungen in der Wissenschaft einzuführen, sich weiter durchgesetzt, und insbesondere ist die Dezimalteilung der Winkel ein Gegenstand lebhafter Erörterungen geworden. Hier gehen die Ansichten darin auseinander, daß die einen den Quadranten in hundert Teile zerlegen wollen, während die andern sich unter Beibehaltung der Teilung desselben in 90 Grade mit der Ersetzung der Sexagesimalteilung in Minuten und Sekunden durch Dezimalteile des Winkels begnügen wollen. Für alle Änderungen dieser Art liegt die Hauptschwierigkeit darin, daß die vorhandenen Tafelwerke in alter Teilung vorliegen und ihre Umrechnung eine kaum zu bewältigende Aufgabe bedeutet. Aber gerade das Maschinenrechnen macht die Einführung der dezimalen Teilung fast zur Notwendigkeit und es sind daher im Hinblick auf diesen Zweck mehrere Tafeln entstanden, die neue Teilung haben. Aber sie haben meist nur eine geringe Stellenzahl, die für die meisten Zwecke der Praxis ausreicht. Die Tafel von Prof. *Peters* ist nun siebenstellig berechnet worden, um weitergehenden Ansprüchen zu genügen.

Allerdings sind bereits einige 7-stellige Tafeln erschienen, die z. T. nicht alle trigonometrischen Funktionen umfassen, z. T. alte Teilung besitzen; auf dem von *Johann Rheticus* und *Valentin Otho* (Principis Palatini Friderici IV. Electoris Mathematicus) verfaßten Opus Palatinum de triangulis (1596), das 10-stellige Werte enthält, beruhen die unter demselben Titel von *W. Jordan* herausgegebenen Sinus- und Cosinustafeln, die von 10″ zu 10″ siebenstellige Zahlen geben, aber zugleich die neue Teilung für den 100-teiligen Quadranten hinzufügen. Auf den Tafeln mit 15 Dezimalen von *Bartholomäus Pitiscus* aus Grünberg in Schlesien, die 1613 als Thesaurus mathematicus sive Canon sinuum erschienen sind, gründet sich eine neuere Tafel mit 7 Stellen von *Max Jurisch* (Capetown 1884), die von 10″ zu 10″ fortschreitet und noch die Proportionalteile für die einzelnen Sekunden enthält. Während die vorgenannten nur die Sinus und Cosinus enthalten, hat der holländische Buchhändler *Adrian Vlacq* um 1630 Tabellen der Sinus, Tangenten und Secanten herausgegeben, die in einer neuen Ausgabe von *Ebert* (Leipzig 1808) 7-stellig für jede Minute erschienen sind. Endlich erwähnen wir noch die Sammlung mathematischer Tafeln von *I. A. Hülsse*, die in der 3. Tafel die wirklichen Längen der trigonometrischen Funktionen 7-stellig von 1′ zu 1′ gibt, und zwar Sinus und Cosinus, Tangens und Cotangens. Hieraus hat *August Junge* seine Tafel der Sinus und Cosinus für den Radius 1 000 000 und für alle Winkel von 10″ zu 10″ abgeleitet, die 1864 in Leipzig herausgekommen ist. Sie ist, wie ausdrücklich bemerkt wird, „insbesondere für diejenigen bestimmt, welche bei trigonometrischen Berechnungen die Thomassche Rechenmaschine benutzen".

Hiernach ist also der Ausspruch des Verfassers in der Einleitung nicht ganz berechtigt: „Wenn bisher die Rechenmaschine zur Bewältigung von umfangreichen astronomischen, geodätischen und optischen Rechnungen weniger verwendet wurde, so liegt dies hauptsächlich an dem Mangel an hochstelligen Tafeln für die numerischen Werte der trigonometrischen Funktionen". Der Wert der neuen Tafel liegt vielmehr in der dezimalen Teilung, wobei sie direkt Tausendstel des Grades und mit Hilfe der Proportionalteile die 5. Dezimalstelle des Grades gibt, ja sogar die 6. Stelle mitzuführen gestattet, wenn noch größere Rechenschärfe erforderlich ist. Trotzdem hat die Tafel ein handliches Format und ist sehr übersichtlich gestaltet, auch der Druck und die Ausstattung sind trotz der ungünstigen Zeitverhältnisse vorzüglich. In bezug auf die Korrektheit wird man ihr unbedingtes Vertrauen entgegenbringen, da der Verfasser durch seine andern Tafelwerke, insbesondere durch die mit *Prof. Bauschinger* zusammen herausgegebene 8-stellige Logarithmentafel allen Rechnern bekannt ist. Einige Vergleichsproben mit den oben genannten Tafeln zeigten volle Übereinstimmung.

Auch diese Tafel ist aus einer alten durch Interpolation entstanden, nachdem deren Zuverlässigkeit durch Differenzen geprüft war. Das zugrunde liegende Werk ist die Trigonometria britannica von *Briggs* und *Gellibrand* (1633), das die 15-stelligen Werte von Sinus und die 10-stelligen von Tangen für jedes Hundertstel des in 90 Grade geteilten Quadranten enthält. Für astronomische und geodätische Rechnungen ist es vorteilhaft, daß der Verfasser die alte Teilung des Quadranten beibehalten hat. Die Tafel wird sich, wie wir nicht bezweifeln, viele Freunde erwerben.

A. Galle, Potsdam.

Kries, Joh. v., Logik, Grundzüge einer kritischen und formalen Urteilslehre. Tübingen, J. C. B. Mohr, 1916. XVI, 732 S. Preis geh. M. 20,—; geb. M. 25,— + 25 % Teuerungszuschlag.

Wer wie Referent selbst vor nicht allzulanger Zeit — übrigens vor Kenntnisnahme des Kriesschen Buchs — ein Werk über Logik verfaßt hat, kann am besten die Schwierigkeiten würdigen, die gerade zur jetzigen Zeit mit der Behandlung aller logischen Probleme und insbesondere auch mit einer Gesamtdarstellung der Logik verbunden sind. Gerade auch die formale Logik, die *Kant* seit *Aristoteles* als im wesentlichen abgeschlossen betrachtete, ist wieder Problem geworden. Die bedeutungsvolle Einmischung der symbolistischen und algebraischen Logik, die zunehmenden Ergebnisse der Psychologie, die Umorientierung der Erkenntnistheorie, das Wiederaufleben der von *Bolzano* vertretenen logizistischen Richtung und viele andere Momente haben im Bereich der Logik eine schwer übersehbare und erst recht schwer klärbare Situation geschaffen. Das Kriessche Werk ist diesen Schwierigkeiten nicht unterlegen, sondern liefert einen wesentlichen Beitrag zu ihrer Lösung.

Ein Bericht über die einzelnen Lehren, die Verf. — zum Teil im Anschluß an frühere Arbeiten (Vierteljahrsschr. f. wiss. Philos. 1892 u. 1899, Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung 1886) — jetzt entwickelt, ist an dieser Stelle nicht angebracht. Es seien daher nur einige Kapitel hervorgehoben, die wegen ihrer erkenntnistheoretischen und naturphilosophischen Erörterungen für den Naturforscher besonders interessant und beachtenswert sind: Kap. 1, S. 15 ff. (log. u. erkenntnistheoret. Stellung der mathematischen Sätze); Kap. 3, S. 48 ff. (Notwendigkeit u. Gesetzmäßigkeit, vgl. auch S. 293 ff.); Kap. 4, S. 59 ff. (Logik u. Mathematik im Realwissen, namentl. S. 65 ff. Definition physikalischer Begriffe); Kap. 5, S. 83 ff. (Kausalprinzip, S. 100: Kausalprinzip und empirische Naturgesetze sind nicht gleichzustellen); Kap. 6, S. 101 ff. (Wirklichkeitsgesetze, spez. S. 106 u. 52 „Gegenstandsgesetze", S. 132 Mechanismus u. Vitalismus, S. 135 Ablehnung der Apriorität für den Satz von der Unzerstörbarkeit der Masse und von der Erhaltung der Energie, vgl. auch S. 674); Kap. 9, S. 174 ff. (namentl. S. 185 ff. Berechtigung und Schwierigkeiten der Tierpsychologie); Kap. 19, S. 399 ff. (Die logischen Reflexionsurteile, S. 416 Gesetz der großen Zahlen); Kap. 23, S. 505 ff. (Einteilung der Wissenschaften); Kap. 26, S. 595 ff. (Zur Wahrscheinlichkeitstheorie, wertvolle Ergänzung des früheren Werkes, vgl. auch S. 722 ff.); Anhang 1, S. 657 ff. (Die Gesamtheitsbegriffe des mechanisch-materiellen Begriffskreises); Anhang 4, S. 678 ff. (Energieprinzip); Anh. 5, S. 692 ff. (Relativitätsprinzip); Anh. 6, S. 708 ff. (fingierte Mannigfaltigkeiten, insbesondere nicht-euklidische Räume).

Zur Orientierung über die Gesamtanlage des Werks sei bemerkt, daß der 1. Abschnitt, „Kritische Urteilslehre" betitelt, eine „systematische Darstellung der logischen Zusammenhänge unseres Wissens" (S. 190) geben will und Kap. 1—10 umfaßt, während der 2. Abschnitt, „Die formale Urteilslehre" (Kap. 11—21), die Frage nach dem Bau und der Zusammensetzung des Urteils behandelt, also in manchen Beziehungen (nicht in allen) sich mit der sog. formalen Logik deckt und der 3. Abschnitt, „Zur Wissenschaftslehre" betitelt (Kap. 22—27), eine Anzahl von Wissensgebieten unter den gewonnenen Gesichtspunkten einer etwas spezielleren Betrachtung unterzieht.

Überblickt man die Gesamtheit der Ergebnisse, so ist unzweifelhaft, daß sie vorwiegend nicht auf reinlogischem, sondern auf erkenntnistheoretischem und naturphilosophischem Gebiet liegen. Das Logische wird vorzugsweise mit Bezug auf seine erkenntnistheoretische und naturwissenschaftlich-mathematische Bedeutung untersucht. In eine Diskussion dieser Ergebnisse kann hier nicht eingetreten werden. Ref. steht in seiner Erkenntnistheorie auf einem weit abweichenden Standpunkt und müßte schon die Grundeinteilung, die *Kries* seinen Auseinandersetzungen zugrunde legt, die Einteilung der Urteile in Realurteile und Reflexionsurteile (letztere früher „Beziehungsurteile" von ihm genannt) beanstanden. Auch in vielen einzelnen Fragen würden sich erhebliche Einwände ergeben. Hier muß sich Ref. darauf beschränken anzuerkennen, daß die meisten Ausführungen des Verfassers jedenfalls die Klärung der Problemstellung und oft auch die Problemlösung in hohem Maße zu fördern geeignet sind. Gerade auch in naturwissenschaftlichen Kreisen verdient das Buch gelesen zu werden.

Nicht verschweigen darf der Ref., daß ihm die weitgehende Ignorierung der Geschichte der Logik und Erkenntnistheorie (einschließlich der modernen Literatur) nicht unbedenklich erscheint. Nur relativ selten wird der eine oder andere Autor zitiert. Es sollte doch auch in der Logik und Erkenntnistheorie eine gewisse historische Kontinuität festgehalten werden. So hätte z. B., um nur *ein* Beispiel herauszugreifen, bei den „Gegenstandsgesetzen" des Verfassers *J. St. Mill* nicht unerwähnt bleiben dürfen; schon ein Zusatz „(J. St. Mill)" hätte ev. genügt.

Th. Ziehen, Halle.

Botanische Mitteilungen.

Über Homodromie und Antidromie insbesondere bei Gramineen (*C. Raunkiaer, Kgl. Dansk. Vid. Selsk. Biol. Medd. I*, 1919). Bei vielen Tieren ist es möglich, zwischen links- und rechtsausgebildeten Individuen zu unterscheiden. So kann beispielsweise beim Kreuzschnabel der Unterschnabel links oder rechts gebogen, bei den Schnecken das Gehäuse links oder rechts gewunden sein. Und während auf der einen Seite beide Typen etwa in gleicher Anzahl vertreten sein können, so ist auf der anderen das Verhalten rein einseitig fixiert. So besitzt die Mehrzahl unserer einheimischen Schneckenarten rechtsgewundene Schalen, nur wenige, z. B. die Clausilien, sind linksgewunden. Die Erblichkeit ist in beiden Fällen aber sehr groß, so daß „verkehrtgewundene" Formen nur sehr selten auftreten. Im Pflanzenreich ist die Frage nach linken und rechten Formen nur wenig diskutiert. Die Arbeit von *Raunkiaer* liefert hierfür ausführlichere Angaben. Der Links- und Rechtscharakter der Pflanzen ist hauptsächlich bedingt durch den Verlauf der Blattspirale. *Raunkiaer* hat bei 21 verschiedenen Pflanzenarten (Moosen und Blütenpflanzen) die Richtung der Blattspirale bestimmt. Untersucht wurden 6900 Individuen, und es ergab sich ein Verhältnis von 50,17 % rechtsläufigen und 49,83 % linksläufigen Individuen. Es werden also beide Kategorien annähernd in derselben Anzahl produziert. Von Bedeutung ist, daß die Nachkommen der rechts- und linksläufigen Individuen wieder dieselbe Spaltung zeigen, so daß es sich also nicht um rechte und linke Rassen handelt. *Raunkiaer* hat dann weiterhin an Gramineen festgestellt, daß das

Verhältnis zwischen rechten und linken Individuen keineswegs immer wie bei dem summarischen Versuche 1 : 1 sein braucht, sondern daß sich das Verhältnis nach der einen oder der anderen Richtung verschieben kann. So schwankt der Rechts-Prozentsatz zwischen 36 und 55. Es ist nun sehr interessant, „daß innerhalb einer einzelnen Linnéschen Art Elementararten auftreten können, die sich hinsichtlich des genannten Zahlenverhältnisses untereinander unterscheiden". Jeder dieser Elementararten kommt ein bestimmtes Prozentverhältnis zu. *Raunkiaer* stellt weitere Untersuchungen in Aussicht, durch die entschieden werden soll, ob das Zahlenverhältnis zwischen rechten und linken Individuen durch eine Kreuzung zwischen solchen Elementarrassen verschoben werden kann. Schließlich sei noch erwähnt, daß Beobachtungen beim Mais darauf hindeuten, daß der Rechts- oder Linkscharakter des Tochterindividuums von der Stellung des Samens an der Mutterpflanze abhängig zu sein scheint.

In einem früheren Jahrgang dieser Zeitschrift (*4*, S. 356) wurde über die beiden ersten Mitteilungen *Blaauws*, über **Licht und Wachstum**, berichtet. *Blaauw* versuchte, die Lichtkrümmungen der Pflanzen durch die sogenannte Photowachstumsreaktion zu erklären. Diese Photowachstumsreaktion äußert sich darin, daß dunkelgehaltene Pflanzen, wenn sie allseitig belichtet werden, eine Wachstumsbeschleunigung oder Wachstumshemmung erleiden. Nach einiger Zeit kehrt dann die Zuwachsgeschwindigkeit entweder direkt oder mit Oszillationen zum alten Mittel zurück. Bis zu einer gewissen Grenze nimmt die Stärke des Ausschlags mit der Stärke der Beleuchtung zu; jeder Lichtstärke entspricht also eine ganz bestimmte Photowachstumsreaktion. Die phototropischen Krümmungen, die bei einseitiger Belichtung auftreten, beruhen nun darauf, daß die Lichtintensität und damit auch die Photowachstumsreaktion auf Vorder- und Hinterflanke verschieden ist. Belichtet man z. B. einen Sporangienträger von Phycomyces, der bekanntlich aus einer einzigen durchsichtigen zylindrischen Zelle besteht, von der einen Seite, dann wird aus optischen Gründen das Licht auf der Hinterseite konzentriert. Da nun dieses Objekt eine positive Photowachstumsreaktion besitzt, so wächst die hintere Flanke infolge des verstärkten Lichts rascher als die vordere: der Sporangienträger krümmt sich der Lichtquelle zu. Im Gegensatz zu Phycomyces trifft man bei dem Keimstengel der Sonnenblume eine negative Photowachstumsreaktion an, die Wachstumsgeschwindigkeit wird durch die Belichtung gedämpft. Wären nun die optischen Verhältnisse dieselben wie bei Phycomyces, dann müßte bei einseitiger Belichtung eine negative Krümmung resultieren. Nun nimmt aber hier infolge der Undurchsichtigkeit des Gewebes die Helligkeit von der Vorderflanke nach der Hinterflanke regelmäßig ab, die Wachstumshemmung ist also auf der Vorderseite am größten, und es erfolgt deshalb wiederum eine positive Krümmung. Wenn die Voraussetzungen *Blaauws* richtig sind, dann müßte bei einer Inversion der optischen Verhältnisse eine Umkehr der Krümmungsrichtung eintreten. Daß dem tatsächlich so ist, hat inzwischen *Buder* experimentell festgestellt (Die Inversion des Phototropismus bei Phycomyces, Ber. d. d. bot. Ges. *36*, 1918). *Buder* stellte Kulturen von Phycomyces in Paraffinöl und belichtete dann einseitig. Da nun der Brechungsindex des Paraffinöls (1,47) größer ist als der des Zellinhaltes, so tritt im Innern des Sporangiumträgers eine Divergenz der Lichtstrahlen ein, und die Lichtstärke ist auf der Hinterseite geringer. Auf Grund der Photowachstumsreaktion muß unter diesen Umständen die Vorderflanke stärker wachsen und der Sporangienträger sich vom Licht wegkrümmen. Dies ist tatsächlich der Fall. In neuester Zeit hat dann *Blaauw* über weitere Versuche berichtet, die für seine Deutung sprechen (Licht und Wachstum III, Medd. v. d. Landbouwhoogesch. Wageningen *15*, 1918). Als drittes Objekt wurden hier die Wurzeln verschiedener Blütenpflanzen herangezogen, die sich dem Licht gegenüber abweichend verhalten. Kresse, Rettich und Hafer zeigen keine oder nur sehr unscharfe Photowachstumsreaktion und weisen infolgedessen auch keine phototropischen Krümmungen auf. Dagegen besitzt die Keimwurzel des Senfes wie die Keimstengel der Sonnenblume eine negative Photowachstumsreaktion, aber die Lichtkrümmung ist hier negativ, obwohl es sich hier ebenfalls um ein vielzelliges Organ handelt. Diesen Widerspruch führt *Blaauw* darauf zurück, daß die Senfwurzeln an sich schon durchsichtiger sind als der Sonnenblumenkeimstengel und daß insbesondere die zarte, konisch zulaufende Wurzelspitze als Sammellinse wirkt, die das Licht auf der Hinterflanke konzentriert. Tatsächlich kann man hier in der Nähe der Spitze einen sehr deutlichen hellen Fleck beobachten, der sich mit der Entfernung von der Spitze verliert. Entscheidend für die Reaktion ist aber im wesentlichen die Wurzelspitze, da die Krümmung auf sie beschränkt bleibt. Tatsächlich führt eine einseitige Belichtung, welche die Wurzel, exklusive Spitze, trifft, keinen Krümmungseffekt herbei. *Blaauw* gelangt somit zum Schluß, daß die negative Krümmung der Wurzel bedingt ist durch die optischen Verhältnisse in der Nähe des Vegetationspunktes; entsprechend der stärkeren Beleuchtung der Hinterflanke ist dort die Wachstumshemmung größer, das Organ kehrt sich vom Lichte ab. Mit dieser Erklärung würde die alte Erfahrung im Einklang stehen, daß die Lichtempfindlichkeit auf die Wurzelspitze lokalisiert ist. *Blaauw* hat dann auch den Buderschen Inversionsversuch auf die Senfwurzeln angewendet und gefunden, daß beim größten Teil der Individuen der Theorie entsprechend die negative in positive Reaktion umschlägt. *Blaauw* kommt auf Grund dieser Versuche erneut zu der Annahme, daß die Lichtkrümmungen nicht auf komplizierten phototropischen Erregungsvorgängen beruhen, die erst sekundär bestimmte Wachstumsänderungen auf regulatorischem Wege hervorrufen, sondern die Photowachstumsreaktion, die auf photochemische Prozesse zurückgeführt wird, ist das Primäre und ruft erst sekundär — rein mechanisch — die Lichtkrümmungen hervor. Das ist eine Erklärung, die in ähnlicher Form vor ca. 100 Jahren *de Candolle* gegeben hat und die, wenn sie sich bestätigen sollte, eine wesentliche Vereinfachung des Problems des Phototropismus bedeuten würde. Indes darf nicht verschwiegen werden, daß man bei der Anwendung dieser Hypothese auf einzelne Erfahrungstatsachen auf erhebliche Schwierigkeiten stößt und daß auch vielfach die Versuche *Blaauws* kein vollständig klares Bild liefern. Hier bieten sich für die Zukunft noch fruchtbare Aufgaben.

Untersuchungen über den Thermotropismus der Pflanzen (*R. Collander*, Helsingfors, 1919). Die thermotropischen Krümmungen der Pflanzen, d. h. diejenigen Reaktionen, die durch einseitig wirkende Wärme hervorgerufen werden, stellen ein noch wenig geklärtes Kapitel der Reizbewegungen dar. In einer neuen Arbeit gibt *Collander* einen Überblick über die

bereits gewonnenen Erfahrungen und liefert gleichzeitig einige neuere Daten, die auf das Problem Bezug haben. Er konnte thermotropische Reaktionen nachweisen bei den Keimsprossen von Hafer, Mais, Sonnenblume, Kresse und Wicke, bei halbwüchsigen Sprossen von Lein und endlich bei den Keimwurzeln der Erbse. Die Keimsprosse reagieren immer positiv, d. h. sie wenden sich der Wärmequelle zu, und zwar tritt dieser Erfolg immer erst bei solchen Temperaturlagen ein, die oberhalb des Wachstumsoptimums liegen. Dies erweckt die berechtigte Vermutung, daß es sich hier um einen ganz einfachen Krümmungsmechanismus handelt: durch höhere Temperatur wird das Wachstum gehemmt, und da diese Dämpfung naturgemäß auf der wärmeren Seite stärker ist, so treten positive Krümmungen auf. Diese Erklärung entspricht also derjenigen, die *Blaauw* auch für den Phototropismus gegeben hat. Komplizierter liegen die Verhältnisse bei den Keimwurzeln. Hier sind die Krümmungen bei Temperaturlagen unterhalb des Optimums positiv, oberhalb des Optimums negativ; die Wurzel sucht also immer die Region auf, in der optimale Wachstumsbedingungen herrschen. Temperaturen, die sich in der Nähe des Optimums (ca. 29° C) bewegen, rufen keinen Effekt hervor. Vom Zweckmäßigkeitsstandpunkt aus ist dieses Verhalten durchaus begreiflich, doch gibt es noch keine Anhaltspunkte dafür, wie diese Vorgänge mechanisch zu deuten sind. Offenbar spielen hier noch verwickeltere Reizvorgänge mit herein, und die Frage bedarf einer weiteren Klärung.

Die Godronschen Bastarde zwischen Aegilops- und Triticumarten (*W. Bally*, Zeitschr. f. ind. Abstl. *20*, 1919). In der Vererbungslehre werden vielfach als Bastarde, die konstant bleiben und sich den Mendelschen Spaltungsregeln nicht fügen, die Kreuzungen zwischen Triticum vulgare (Weizen) und der verwandten Gattung Aegilops ovata angeführt. Diese Kombination wurde 1854 von *Godron* hergestellt. Selbstbefruchtung des Bastards gelang infolge der Sterilität des Pollens nicht, dagegen glückte die Rückkreuzung mit dem Vater (Triticum), und es entstand auf diese Weise eine Form, die *Godron* A. speltaeformis nannte und die neben einer überwiegenden Menge Triticummerkmale auch einige charakteristische Aegilopscharaktere aufweist. Dieses A. speltaeformis ist nun selbstfertil und vererbt konstant weiter. *Bally* suchte nun dieses seltsame Verhalten aufzuklären und gelangte dabei zu folgendem Ergebnis: Triticum vulgare hat 8, Aegilops ovata 16 und der Bastard Triticum × Aegilops hat entsprechend 12 $\left(=\frac{8+16}{2}\right)$ haploide Chromosome. Die Triticumchromosomen sind von den Aegilopschromosomen durch die Größe deutlich verschieden und lassen sich bei dem Bastard in den meisten Fällen noch scharf auseinanderhalten. Bei der Reduktionsteilung treten nun in den Makrosporenzellen des Bastards Unregelmäßigkeiten auf, die mitunter dazu führen, daß Zellen entstehen, die bloß die Chromosomen des einen Elters aufweisen. Nun zeigt die Beobachtung, daß die durch die Rückkreuzung mit Triticum gewonnene, konstante Form A. speltaeformis 6 haploide weizenähnliche Chromosomen besitzt. Dies führt *Bally* zu folgender Hypothese: „Bei der Reduktionsteilung der Makrosporenmutterzelle . . . können Tochterzellen gebildet werden, die ausschließlich Triticumchromatin in ihren Kernen führen. Nur diese sind entwicklungsfähig. Aus der Befruchtung einer Eizelle, die sich in dem aus einer derartigen Tochterzelle entwickelten Embryosack findet und die vierchromosomig ist, mit einem achtchromosomigen Weizenspermakern, entwickelt sich die zwölf- (diploid-) chromosomige A. speltaeformis, die demnach einen homozygotischen, aller Erwartung nach konstanten Artbastard darstellt." Danach sind also bei A. speltaeformis alle A.-Chromosome eliminiert, und es besteht für die Theorie nur noch die Schwierigkeit, zu erklären, warum das Kreuzungsprodukt überhaupt noch A.-Merkmale aufweist. Da muß denn entweder Vererbung durch das Zytoplasma (unabhängig von den Chromosomen) oder, neueren Anschauungen entsprechend, Faktorenaustausch bei den Reduktionsprozessen angenommen werden. *Stark.*

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Grenze der Totalreflexion. Die Grenze der Totalreflexion ist nicht absolut scharf, sondern in der Nähe des Grenzenmittels findet ein allmählicher, wenn auch auf kleinen Winkelraum beschränkter, Übergang zwischen Helligkeit und Dunkelheit statt. Aus dem zahlenmäßig dargestellten Verlauf der Abfallkurven geht hervor, daß die geringe vorhandene Verwaschenheit der Grenzlinie Messungen der Totalreflexion mittelst Refraktometer kaum beeinträchtigen wird. (*H. Krüß*, Ztschr. f. Instrumentenkd. H. 3, 1919.)

Wetterkundliche Lehrfilme. Durch kinematographische Naturaufnahmen und durch Selbstbewegungsbilder (lebende Zeichnungen) lassen sich Witterungsvorgänge und unsere theoretischen Erläuterungen dazu verdeutlichen. Beide Gattungen müssen in der Praxis zusammenwirken. Die Zahl der Themen für solche Filme ist größer, als man von vornherein annimmt. Bedenken richten sich gegen die Selbstbewegungsbilder, weil sie 1. über den Zeitverlauf, 2. über die Sicherheit der erläuterten Theoreme täuschen. Dazu ist zu sagen, daß Lehrfilme als Illustrierung eines Vortrages nicht dem Zufallspublikum der Lichtspieltheater, sondern nur einer besonders zu instruierenden Zuhörerschaft von Bildungsbeflissenen geboten werden sollen. Es kommt auf Versuche an. (*W. R. Richter*, Meteorol. Ztschr. H. 3/4, 1919.)

Ein neuer Kreiselkompaß. *D. Martienssen* gibt die Konstruktion und die Theorie eines neuen Kreiselkompasses bekannt, den die Gesellschaft für nautische Instrumente nach seinen Angaben auf den Markt gebracht hat. Derselbe unterscheidet sich von dem früher von *Martienssen* beschriebenen Kompaß dadurch, daß er auch auf stark schlingerndem Schiff die Nord-Süd-Richtung fehlerfrei angibt. Erreicht wird dies durch Anbringung eines zweiten sogenannten Stabilisierungskreisels und einer besonderen Lagerung des schwimmend aufgehängten anzeigenden Systemes. (*D. Martienssen*, Meteorol. Ztschr. H. 6, 1919.)

Sciroccobeobachtungen im südwestlichen Teile Palästinas. Fortlaufende Beobachtungen während einer langen und kräftigen Sciroccoperiode vom 12. bis 18. Mai 1916 ergaben eine sehr gleichmäßige Temperatursteigerung vom Beginn bis zum Höhepunkte des Sciroccos. Die höchste beobachtete Temperatur betrug 43,1 ° gegenüber dem normalen mittleren Monatsmaximum von 27,9 ° C. Das Ende des Sciroccos war durch einen auffallend starken Temperatursturz gekennzeichnet. Innerhalb von 12 Stunden fiel die Temperatur um 22 °. Die

Feuchtigkeit erreichte während des Sciroccos mehrfach den extrem niedrigen Wert von 2% — an einem Orte, der nur 30 km vom Meere entfernt ist! — Ein charakteristisches Beispiel für die Windverhältnisse bei Scirocco gibt die Pilotmessung vom 17. Mai: Boden: E 6, 300 m: ESE 16, 500: SE 19, 1000: SE 18, 1500: SSE 17, 2000: S 9, 2500: SW 4, 3000: SW 4. (*W. Georgii*, Meteorol. Ztschr. H. 7/8, 1919.)

Die Beaufortskala als Empfindlichkeitsgesetz. Die in der Beaufortskala enthaltene Stufenfolge der Windstärken, für welche durch *Köppen* (Hann, Lehrbuch der Meteorologie, 3. Aufl., S. 386) die zugeordneten Windgeschwindigkeiten festgestellt sind, pflegte, wenn auch mit systematischen Abweichungen, durch die von *Curtis* abgeleitete Interpolationsformel: $v_B^2 = 0{,}836\ B^3$ dargestellt zu werden. Es läßt sich zeigen, daß die Windgeschwindigkeiten v_B mit den Beaufortstufen B durch das psychophysische Grundgesetz verbunden sind, das Reize und Empfindungsstärken einander zuordnet. Die Verhältnisschwelle der Windgeschwindigkeiten ist ausgedrückt durch:

$$\lg \frac{v_B}{v_{B-1}} = 0{,}0860 + 2^{1-B}$$

und allgemein wird:

$$\lg \frac{v_B}{v_0} = 0{,}0860\, B + 2\,(1-2^{-B}).$$

(*A. Kühl*, Meteorol. Ztschr. H. 7/8, 1919.)

Der tägliche Gang des Luftdruckes und der Temperatur in der freien Atmosphäre. Ist δT die Temperaturwelle des täglichen Ganges, δb die entsprechende Druckwelle, so lautet die Fundamentalgleichung zwischen beiden Größen:

$$\frac{\delta T}{T} = \frac{\delta b}{b} + \frac{R\,T}{b} \cdot \frac{\mathrm{d}\,\delta b}{\mathrm{d}\,h}.$$

An der Hand dieser Beziehung werden einige allgemeine Sätze abgeleitet; z. B.: Nimmt die Amplitude einer Druckwelle proportional dem Luftdruck ab, so ist die Phase der entsprechenden Temperaturwelle von der der Druckwelle um 90 ° oder 270 ° verschieden, je nachdem der Phasenwinkel der Druckwelle mit der Höhe zu- oder abnimmt. Die Luftdruckbeobachtungen einiger Alpenstationen werden schließlich benutzt, um den täglichen Temperaturgang in der freien Atmosphäre des Alpengebietes zu untersuchen. Der tägliche Gang der Temperatur wird für Schichten von 200 zu 200 m bis 3000 m Seehöhe bestimmt. Bemerkenswert ist in den oberen Regionen das starke Anwachsen der zweiten Temperaturwelle, das nach *Hergesell* in engen Beziehungen zur zweiten Druckwelle steht. (*H. Hergesell*, Meteorol. Ztschr. H. 7/8, 1919.)

Über die Gebirgswinde in den Mittleren Vogesen. Bei Beobachtungen in der Zeit von Februar bis Oktober 1918 bei vier Heereswetterwarten auf beiden Seiten des Kammes der Mittleren Vogesen ließ sich der *Bergwind* als eine scharf umschriebene, in bestimmter Abhängigkeit vom Himmelszustand eintretende Erscheinung feststellen; geringe Mächtigkeit und gleichmäßiger Charakter sind für ihn kennzeichnend. *Talwind* im Sinne einer örtlichen, vom Gradienten unabhängigen Bewegung wurde niemals beobachtet. Auch ältere Untersuchungen lassen den exakten Nachweis des Talwindes vermissen. Die Druckflächentheorie von *Saigey-Hann*, deren Aufgabe es ist, eine *gemeinsame* Erklärung für den Berg- und Talwind zu schaffen, stimmt mit den bisher ermittelten Eigenschaften des Bergwindes nicht überein und kann daher auch nicht als Stütze für das Bestehen des Talwindes gelten. Es ist also wenig wahrscheinlich, daß Tal- und Bergwind ähnlich wie See- und Landwind zueinander gehören. (*H. Barschall*, Meteorol. Ztschr. H. 5/6, 1919.)

Ein Jahr Messungen mit dem Michelsonschen Bimetallaktinometer. Die Messungen der Intensität der Sonnenstrahlung an der sächsischen Wetterwarte Wahnsdorf bei Dresden finden bei möglichst hohem und tiefem Sonnenstand statt. Die Vorschaltung farbiger Gläser gestattet, die Bruchteile der Gesamtstrahlung zu bestimmen, welche die roten und blauen Strahlen ausmachen. Es hat sich ergeben, daß die blaue Strahlung bei allen Sonnenhöhen rund 20 % beträgt. Der Gehalt an roter Strahlung wächst mit der Zenithdistanz der Sonne. Im Sommer beträgt er mittags etwa 55 %, bei tiefem Sonnenstande aber mindestens 70 %. Es kommen Fälle mit 80—90 % häufig vor. (*Schreiber*, Meteorol. Ztschr. H. 5/6, 1919.)

Zur Quantentheorie des Paramagnetismus. Die Quantentheorie ist von *Planck* bekanntlich nacheinander in zwei Fassungen aufgestellt worden, von denen die erste die quantentheoretisch ausgezeichneten Zustände eines Systems als die einzig möglichen ansieht, während die zweite Fassung auch die übrigen mechanisch zulässigen Bewegungen berücksichtigt. Ein Vergleich der beiden Theorien im Gebiete der Statistik fällt, wie am Beispiel des Paramagnetismus gezeigt wird, zu Gunsten der zweiten Planckschen Theorie aus. (*A. Smekal*, Ann. d. Phys. Nr. 21, 1918.)

Spektrale Intensitätsverschiebung und Schwächung der Jodfluoreszenz durch ein magnetisches Feld. Bei genauer Untersuchung eines von *Steubing* früher gefundenen Effekts: „magnetische Fluoreszenzschwächung am Jod" zeigte sich, daß die Wirkung eine molekulare, nicht in magnetischen oder sonstigen bekannten Eigenschaften des Joddampfs begründete ist und weder von Dampfdichte noch Temperatur direkt abhängt. — Die Intensitätsverminderung wurde geprüft bei Anregung mit 2 kontinuierlichen Lichtquellen von verschiedener Intensität, sowie bei monochromatischer Erregung, subjektiv durch Spektralphotometrie und objektiv spektrophotographisch. Es zeigte sich weder im magnetischen noch im elektrischen Feld eine erkennbare Strukturänderung und nur bei ersterem eine Intensitätsabnahme. Diese ergab sich als logarithmische Funktion des Magnetfeldes, als abhängig von der Wellenlänge im Spektrum und vor allem von der pro Molekül ausgestrahlten Fluoreszenzenergie bzw. dem Grade der Erregung. Die Versuche führten zu dem Schluß, daß kein bislang bekannter Vorgang zur Erklärung ausreicht und es sich um einen neuartigen magnetischen Einfluß auf die Emission eines Bandenspektrums handelt. (*W. Steubing*, Ann. d. Phys. Nr. 1, 1919.)

Über den Wert des mechanischen Wärmeäquivalents (Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt). Von *C. Sutton* (Phil. Mag. (6) *35*, 27; 1918) ist in einer Zusammenstellung der bisher für das mechanische Wärmeäquivalent gefundenen Zahlen als Wert der Reichsanstalt (*Jaeger* und *v. Steinwehr*) die Zahl 4,188 angegeben, während *Sutton* den Wert 4,185 für den wahrscheinlichsten hält. Die Reichsanstalt hat aber auf Grund einer ausgedehnten Untersuchung über das Wärmeäquivalent zwischen 0 ° und 50 ° den Wert:

1 g-Kalorie (15 °) = $4{,}184_2$ internationalen Joule

ermittelt und veröffentlicht (Berliner Akademieberichte 1915, S. 424). (*W. Jaeger* und *H. v. Steinwehr*, Ann. d. Phys. Nr. 5, 1919.)

Berichte gelehrter Gesellschaften.

Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften. 1919.

15. Mai. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Herr *Diels.*

1. Herr *Einstein* sprach *über eine Veranschaulichung der Verhältnisse im sphärischen Raum,* ferner *über die Feldgleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie vom Standpunkte des kosmologischen Problems und des Problems der Konstitution der Materie.* Der Vortrag war im wesentlichen ein Referat über die Abhandlung des Verfassers „Spielen Gravitationsfelder im Aufbau der materiellen Elementarteilchen eine wesentliche Rolle?“ (Sitzungsber. XX, S. 349—356, 1919.)

Herr *Penck* legte eine im Geographischen Institut der Berliner Universität bearbeitete Karte über die Verbreitung der Deutschen und Polen längs der Warthe-Netze-Linie und der unteren Weichsel vor. Die Karte ist im Maßstabe 1 : 100 000 entworfen und gibt die Zahl der Deutschen und Polen in den einzelnen Siedlungen durch farbige Punkte an. Sie gestattet, mit einem Blicke deren absolute Zahl und ihr gegenseitiges Verhältnis zu überblicken. Die 18 bisher gedruckten Karten zeigen deutlich, daß sich eine deutsche Brücke von der Mark Brandenburg nach Ostpreußen zieht. Die Darstellung läßt ferner erkennen, daß eine vom Ingenieur *Jakob Spett* entworfene Nationalitätenkarte der östlichen Provinzen des Deutschen Reichs, verlegt bei Moritz Perles in Wien, gedruckt bei Justus Perthes in Gotha, nicht das ist, was sie vorgibt, nämlich nach den Ergebnissen der amtlichen Volkszählung vom Jahre 1910 bearbeitet zu sein. Sie gibt vielmehr das Prozentverhältnis von Deutschen zu Polen in zahlreichen Fällen zu klein und die Gebiete für polnische Ortschaften zu groß an. Sie erzielt dadurch ein für die Polen äußerst günstiges Bild, das als eine dreiste Fälschung bezeichnet werden muß.

22. Mai. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Herr *Planck.*

Herr *Haber* überreichte einen *Beitrag zur Kenntnis der Metalle.* (Erscheint später.) Er zeigt, daß aus Atomvolumen und Zusammendrückbarkeit der einwertigen Metalle beim absoluten Nullpunkte die Summe von Ionisierungsenergie und Verdampfungswärme richtig berechnet werden kann, wenn die Metalle nach früherer Vorstellung des Vortragenden als Gitter aus Ionen und Elektronen angesehen werden. Diese Auffassung wird weiter gestützt durch die Darlegung, daß sich aus der Gittervorstellung der Metalle der Charakter des selektiven Photoeffektes als einer Metalleigenschaft zugleich mit dem numerischen Werte eines beschleunigenden Voltapotentials an der Metalloberfläche ergibt, dessen Wert im Falle des Kaliums das gelegentlich beobachtete Verschwinden des Effektes verständlich macht.

5. Juni. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Herr *Diels.*

Die Akademie hat das ordentliche Mitglied der physikalisch-mathematischen Klasse Herrn *Simon Schwendener* am 27. Mai durch den Tod verloren.

Zu wissenschaftlichen Unternehmungen hat bewilligt: die physikalisch-mathematische Klasse zur Fortführung des Unternehmens „Das Tierreich“ 4000 Mark; zur Fortführung des Nomenclator animalium generum et subgenerum 3000 Mark; Herrn *Engler* zur Fortführung des Werkes „Das Pflanzenreich“ 2300 Mark; dem Verlage des Jahrbuchs für die Fortschritte der Mathematik als Zuschuß zu den Kosten der Herausgabe des Jahrgangs 1919 5000 Mark; Herrn Prof. Dr. *Hermann von Guttenberg* in Berlin-Dahlem für Untersuchungen über den Einfluß des Lichtes auf die Blattstellung der Pflanzen 800 Mark.

19. Juni. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Herr *Planck.*

Herr *Correns* berichtete über Vererbungsversuche mit buntblättrigen Sippen. I. Capsella Bursa pastoris chlorina und albovariabilis. (Ersch. später.)

Außer einer chlorina-Sippe wurde bei Capsella Bursa pastoris auch eine weißbunt gescheckte albovariabilis-Sippe gefunden und seit 10 Jahren in Kultur gehalten. Bei ihr ist die Weißbuntheit eine mendelnde, durch eine Anlage, ein Gen, bedingte Eigenschaft. Gleichzeitig zeigt aber die Selektion einen Erfolg, der nicht durch die Auswahl unter verschiedenen, durch Kreuzung vermischten Biotypen, sondern durch eine veränderliche Erbanlage zu erklären ist. Als Ursache wird ein Krankheitszustand der Anlage angenommen, der schwankend stark und ausheilbar ist.

26. Juni. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Herr *Diels.*

1. Herr *Heider* las: *Über die morphologische Ableitung des Echinodermenstammes.* Bei alten Echinodermen beschreibt der Darmkanal ursprünglich eine Spiraltour, welche in einer horizontalen (äquatorialen) Ebene gelegen ist. Diese spiralige Einkrümmung des Darmes ist auf die hufeisenförmige Krümmung des Larvendarms zurückzuführen. Es ergibt sich, daß die Medianebene der Larve der äquatorialen Ebene des ausgebildeten Echinoderms gleichzusetzen ist. Der linke Somatocölsack der Larve wird zum oralen (aktinalen) Cölom, der rechte Somatocölsack der Larve zum aboralen Cölom der ausgebildeten Form. Das die beiden Somatocöle trennende Mesenterium, welches in der Medianebene der Larve lag, nimmt im ausgebildeten Echinoderm eine horizontale Lage ein. Die durch die Lage der Madreporenplatte gekennzeichnete bilaterale Symmetrie des ausgebildeten Echinoderms ist nicht auf die ursprüngliche Bilateralsymmetrie der Larve zurückzuführen, sondern als sekundäre Erwerbung zu betrachten.

2. Herr *Engler* überreichte Heft 68 und 69 des „Pflanzenreichs“ (Leipzig 1919).

3. Herr *Penck* überreichte weitere 12 Blätter der „Karte der Verbreitung von Deutschen und Polen längs der Warthe-Netze-Linie und der unteren Weichsel“.

4. Es wurde vorgelegt: *Max Lenz,* Geschichte der Königlichen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin, 2. Bd., 2. Hälfte (Halle a. S. 1918).

5. Das korrespondierende Mitglied der physikalisch-mathematischen Klasse Herr *Wilhelm Konrad Röntgen* in München feierte am 22. Juni und das korrespondierende Mitglied der philosophisch-historischen Klasse Herr *Harry Breßlau* in Hamburg am 23. Juni das goldene Doktorjubiläum. Die Akademie hat ihnen Adressen gewidmet, welche in diesem Stück abgedruckt sind.

24. Juli. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Herr *Planck.*

1. Herr *G. Müller* las *über die Klassifizierung der Fixsternspektren, über ihre Verteilung am Himmel und über den Zusammenhang zwischen Spektraltypus, Farbe, Eigenbewegung und Helligkeit der Sterne.* Die von *Pickering* und *Cannon* eingeführte, heut allgemein gebräuchliche Einteilung der Fixsternspektren entspricht dem Entwicklungsgange der Sterne. — Zwischen Spektraltypus und den Farbenschätzungen sowie den Farbenindizes und den effektiven Wellenlängen finden einfache Beziehungen statt. — Bezüglich der Verteilung der Spektralklassen am Himmel wird gezeigt, daß die B-Sterne in der Nähe der Milchstraße angehäuft sind, während die älteren Klassen nahe gleichmäßig im Raum verteilt sind. — Die Untersuchung der Eigenbewegungen und Radialgeschwindigkeiten zeigt, daß

sich die Sterne der jüngeren Spektralklassen langsamer bewegen als die der älteren. — Die Einteilung in Riesen- und Zwergsterne und die darauf gegründete Russelsche neue Entwicklungstheorie wird etwas ausführlicher besprochen.

2. Herr *Struve* überreichte im Namen des Herrn *Einstein* eine Notiz von Herrn Prof. Dr. *A. von Brunn* in Danzig: *Zu Herrn Einsteins Bemerkung über die unregelmäßigen Schwankungen der Mondlänge von der genäherten Periode des Umlaufs der Mondknoten.* Die Notiz enthält eine Berichtigung des von Herrn *Einstein* in den Sitzungsberichten vom 24. April d. J. veröffentlichten Aufsatzes.

3. Herr *Haberlandt* legte eine Arbeit vor: *Zur Physiologie der Zellteilung. (Vierte Mitteilung, Über Zellteilungen in Elodeablättern.)* (Erscheint später.) Plasmolysiert man Sprosse von *Elodea densa* in ½ n-Traubenzuckerlösung und bringt man dieselben nach zweistündigem Verweilen im Plasmolytikum in Knopsche Nährlösung oder in Leitungswasser, so teilen sich nach Rückgang der Plasmolyse die einzelligen Blattzähne und häufig auch die Randzellen sowie die äußeren Assimilationszellen des Blattes durch zarte Querwände, die oft mit Löchern versehen sind und sich nachträglich stark verdicken können. Die Querwände treten meist im apikalen Teil der Zellen auf und werden als ringförmige Membranleisten angelegt. Die Zellkerne bleiben ungeteilt. Weniger häufig treten diese Teilungen in den Blattzähnen von *E. canadensis* auf. An die Beschreibung der Beobachtungstatsachen werden einige theoretische Bemerkungen geknüpft.

31. Juli. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Herr *Diels.*

Herr *Fick* sprach: *Über die Entwicklung der Gelenkform.* Er besprach die Zulässigkeit der Annahme des Muskeleinflusses auf die embryonale Gelenkform und teilte Ergebnisse eigener Versuche an jungen Tieren über die Beeinflussung der Gelenkform durch Veränderung der Muskelanordnung mit.

23. Oktober. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Herr *Rubner.*

Herr *Correns* besprach *Vererbungsversuche mit buntblättrigen Sippen.* II. Vier neue Typen bunter Periklinalchimären. (Ersch. später.)

Drei Typen: *f. leucodermis, f. pseudoleucodermis* und *f. chlorotidermis,* wurden bei *Arabis albida,* der vierte, *f. albopelliculata,* bei *Mesembryanthemum cordifolium* gefunden. Bei zweien, *leucodermis* und *albopelliculata,* wird, wie bei der *albomaculata*-Sippe, die Weißkrankheit nur direkt durch das Plasma weitergegeben; blasse Haut und grüner Kern stimmen im Idioplasma überein. Bei zweien, *pseudoleucodermis* und *chlorotidermis,* wird die Weißkrankheit durch ein Gen vererbt; blasse Haut und grüner Kern sind in ihrem Idioplasma verschieden. Die subepidermale, blasse Schicht ist beeinflußbar; sie kann an bestimmten Stellen regelmäßig (zum Beispiel in den Samenanlagen von *Arabis*) völlig normal oder (Stengel von *Mesembryanthemum*) normaler werden und wahrscheinlich auch dauernd normale Zellen hervorbringen.

30. Oktober. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Herr *Rubner.*

Herr *Planck* sprach über die *Dissoziationswärme des Wasserstoffs nach dem Bohr-Debyeschen Modell.* (Ersch. später.)

Während die Dissoziationswärme des Wasserstoffs für tiefe Temperaturen sich bekanntlich als zu klein ergibt, wenn man beim Molekül wie beim Atom nur einquantige Kreisbahnen voraussetzt, fällt sie umgekehrt viel zu groß aus, wenn man die einquantigen Kreisbahnen nur als die obere Grenze aller überhaupt vorhandenen Kreisbahnen ansieht. Doch läßt sich eine bessere Übereinstimmung mit der Erfahrung erzielen, wenn man außer den Kreisbahnen auch die geradlinigen Pendelbahnen als vorhanden annimmt, wobei die Frage noch offen bleibt, ob bei tiefen Temperaturen die einquantigen Bahnen die einzig möglichen sind oder nicht.

27. November. Gesamtsitzung.

Vorsitzender Sekretar: Herr *Rubner.*

Herr *Rubens* las *über die optischen Eigenschaften einiger Kristalle im langwelligen Spektrum sowie über die Drehung der optischen Symmetrieachsen monokliner Kristalle in diesem Spektralgebiet,* die erstere Untersuchung nach gemeinsam mit Herrn *Th. Liebisch* angestellten Versuchen.

Es wurden, in Fortsetzung der im März dieses Jahres vorgelegten Arbeit, weitere 28 Kristalle der verschiedenen Kristallsysteme, mit Ausnahme des triklinen, auf ihr optisches Verhalten in dem zwischen 22 und 300 μ gelegenen Spektrum geprüft unter besonderer Berücksichtigung des Zusammenhanges ihrer optischen und elektrischen Eigenschaften.

Bei Adular und Gips wurde die Lage der optischen Symmetrieachsen für zehn verschiedene Strahlenarten ermittelt und der allmähliche Übergang dieser Verzugsrichtungen in die Richtung der Achsen größter und kleinster Dielektrizität in Übereinstimmung mit der elektromagnetischen Lichttheorie beobachtet.

Herr *Haber* überreichte seinen *Zweiten Beitrag zur Kenntnis der Metalle.* (Ersch. später.)

4. Dezember. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Herr *Rubner.*

Herr *Müller*-Breslau sprach über *Versuche zur Erforschung der elastischen Eigenschaften der Flugzeugholme.*

Es wird der gegenwärtige Stand der Theorie des auf Biegung und Knickung beanspruchten geraden Stabes dargestellt und aus neueren, von *Reißner* und vom Vortragenden angestellten Untersuchungen über die Integration der genaueren Differentialgleichung der elastischen Linie gefolgert, daß selbst bei den sich verhältnismäßig stark durchbiegenden Flugzeugholmen die übliche Anwendung der den ersten Differentialquotienten unterdrückenden Näherungstheorie zulässig ist. Sodann wird über Versuche berichtet, die im Materialprüfungsamt nach dem Plane des Vortragenden mit hölzernen Flugzeugholmen angestellt worden sind. Es wurden zweifeldrige, auf Knickung und durch Einzellasten auf Biegung beanspruchte Holme der Flugzeugmeisterei und der Albatroswerke untersucht. Die aus beobachteten Durchbiegungen berechneten Elastizitätsmoduln E beweisen, daß es bei sorgfältig ausgeführten Holmen zulässig ist, bis in die Nähe der Bruchgrenze mit einem konstanten E zu rechnen.

18. Dezember. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse.

Vorsitzender Sekretar: Herr *Rubner.*

Herr *Struve* sprach über die Bestimmung der Massen von Jupiter und Saturn. (Ersch. später.) Während die Masse von Jupiter auf drei verschiedenen Wegen in guter Übereinstimmung gefunden wird, haben sich in den bisherigen Bestimmungen der Saturnsmasse sehr bedeutende Unterschiede ergeben. Es wird gezeigt, daß der Besselsche Wert für die Saturnsmasse, welcher bisher als der zuverlässigste galt und durch die Theorie von Jupiter gestützt wurde, einer Vergrößerung bedarf, während umgekehrt aus den Halbachsen der inneren Trabanten infolge optischer Fehlerquellen zu große Massenwerte folgen.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner,* Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 5. (Seite 81—98) **30. Januar 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Über Modellregeln und Dimensionsbetrachtungen. Von *Ludwig Hopf, Aachen.* S. 81.

Das Liebigsche Gesetz vom Minimum und das Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren. Von *Eilh. Alfred Mitscherlich, Königsberg i. Pr.* S. 85.

Der Umsatz der Aminosäuren und die physiologische Rolle ihrer Umsetzungsprodukte. Von *A. Pütter, Bonn.* S. 88.

Besprechungen:

Pauli, R., Psychologisches Praktikum. Von *F. B. Hofmann, Marburg a. d. L.* S. 93.

Fajans, K., Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen. Von *Fritz Paneth, Hamburg.* S. 94.

Reinglas, P., Chemische Technologie der Legierungen. Von *E. Jänecke, Hannover.* S. 95.

Le Blanc, Max, Lehrbuch der Elektrochemie. Von *Erich Müller, Dresden.* S. 95.

Pringsheim, Hans, Die Polysaccharide. Von *Junkersdorf, Bonn.* S. 95.

Zoologische Mitteilungen:

Das Plankton des Oberrheins. Über die Fische des strömenden Oberrheins. Charakteristische Elemente der Tierwelt des Oberrheins. Über eine neue Vorticellide. Das Problem der Ameisenmimikry. S. 96—98.

Berichte gelehrter Gesellschaften:

Sitzungsberichte der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (1919). S. 98.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 12.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.20.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23 24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser, Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Bernstein-Sammlungen

mit Belegstücken über das Vorkommen, die Entstehung und die Verwendung von Bernstein, sowie einzelne Stücke mit tierischen und pflanzlichen Einschlüssen liefern

Staatliche Bernsteinwerke
Königsberg i. Pr.
(152

Lichtbilder
für Projektion
aus allen Gebieten der Wissenschaft, Kunst, Völkerkunde etc.

Projektionsapparate
A. Krüss
Optisch-Mechanische Werkstätten
Inhaber: Prof. Dr. **Hugo Krüss,**
Hamburg 11.

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang Berlin
Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche
Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

Insektenkunde von Prof. Kolbe. M 14.—, geb. M 15 50
Blütenbiologie von Prof. Löwe. M 6.—, geb. M 7.—
(Teuerungszuschlag 50%.) (180)
Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin S. W. 68.

Mikroskop (183)
Fast neu, 3 Objektiv-Ölimmersion, ca. 1140 lin. Vergrößerung, **zu verkaufen.** Preis M. 5000.—.
Off. u. Stg. G. 625 an **Rudolf Mosse, Berlin-Steglitz.**

Die Naturwissenschaften
1915, 1916
zu kaufen gesucht.
Angebote unter **Nw. 167** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten.
(167

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Altes und Neues
aus der Unterhaltungsmathematik
Von **W. Ahrens** in Rostock
Mit 51 Textfiguren. Preis M. 5.60.
(Hierzu Teuerungszuschläge)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 30. Januar 1920. Heft 5.

Über Modellregeln und Dimensionsbetrachtungen.

Von Ludwig Hopf, Aachen.

Auf der Schule wird dem Kinde schon eingeschärft, daß man 4 Äpfel und 5 Äpfel zusammenzählen, und 2 Häuser von 7 Häusern abziehen kann, daß es aber keinen Sinn hat, 4 Äpfel und 2 Häuser zu addieren; auf der Hochschule lernt man, wie genau man auf die Benennung und Maßeinheit einer physikalischen Größe achten muß, daß man beim Niederschreiben einer jeden Maßzahl sich klar sein muß, welche Maßeinheiten darin stecken oder, wie man sagt, welche „Dimension" sie hat; daß man am Schlusse einer mathematischen Rechnung eine schöne Kontrolle gegen plumpe Fehler erhält, wenn man die Dimensionen auf beiden Seiten der Schlußgleichung neben einander hält. Man bemerkt gar bald, wie oft man sich leichtsinnigerweise gegen das Gesetz vergehen will, daß z. B. eine Sekunde nicht einem Kilogramm gleich sein kann, und lernt an diesen einfachsten *Dimensionsbetrachtungen* ein recht wertvolles Mittel zur Verhütung von Fehlern schätzen. Dagegen ist noch durchaus nicht genügend ins allgemeine Bewußtsein übergegangen, — *wieviel Positives, Produktives mit solchen Dimensionsbetrachtungen geleistet werden kann.*

1. Modellregeln.

Diese Kraft der einfachen Überlegungen tritt am meisten hervor, wenn man aus Einzelbeobachtungen auf das darin liegende Gesetz schließen, oder wenn man nur ein einzelnes Meßergebnis auf einen größeren Bereich von Vorgängen übertragen soll; man muß sich ganz auf sie verlassen, wenn klare numerisch formulierbare Gesetze noch nicht vorhanden sind und leicht anstellbare Versuche im Kleinen unsere Kenntnis in den großen technischen Abmessungen ersetzen müssen, also überall da, wo man Modellversuche anstellt. Wir wollen die Aufstellung und Tragweite so aufgestellter *Modellregeln* nicht allgemein, sondern gleich an einem Beispiel erläutern, welches heutzutage praktisch von der größten Bedeutung ist, an den Modellversuchen der Flugtechnik.

Stellen wir uns z. B. den Fall vor, man habe einen Gegenstand von einfachster Form, also etwa einen Zylinder mit elliptischer Basis in einem künstlichen Luftstrom untersucht, es sei die darauf wirkende Luftkraft gemessen und, vielleicht mit Hilfe von Rauchfäden, das ganze Bild der Strömung um den Zylinder festgehalten. Es sei etwa bei dem Versuch die Achse der Zylinderbasis senkrecht zum Luftstrom 1 cm, seine Höhe 20 cm, die Luftgeschwindigkeit 10 m/s gemessen und die Messung habe eine Kraft von 12,5 g (technisches Maßsystem!) in der Richtung des Luftstromes ergeben. Diese Beobachtungen will man nun zu Schlüssen über eine ebenso gestaltete Flugzeugstrebe verwenden; man kann nach der Kraft fragen, welche auf die wirkliche Strebe wirkt, oder sich auch für den Verlauf der Luftbewegung in der Umgebung der Strebe interessieren; aber die wirkliche Strebe ist 10-mal so groß wie die untersuchte, die Flugzeuggeschwindigkeit 4-mal so groß wie die des Luftstroms, und außerdem will man das Verhalten nicht am Boden kennen, sondern in 6 km Höhe, wo die Luftdichte nur etwa die Hälfte des im Luftstrom vorhandenen Wertes hat, wo der Luftdruck erheblich niedriger, die Temperatur, der elektrische Zustand der Luft usw. ganz andere sind. Außerdem sei die Modellstrebe aus Holz gewesen, die wirkliche Strebe ein Stahlrohr. Da kommt es in erster Linie darauf an zu wissen, welche der erwähnten Umstände eigentlich maßgebend sind für die Kräfte und den Verlauf der Strömung, welche von untergeordneter Bedeutung und welche überhaupt ohne Einfluß sind. Darüber kann im allgemeinen natürlich nur die Erfahrung entscheiden, aber für manche Entscheidungen genügt doch auch das physikalische Gefühl. Es bedarf ja keines Experimentes, um festzustellen, daß der elektrische Zustand der Luft keine Bedeutung für die Strömung haben kann, auch daß die Temperatur keine unmittelbare Wirkung darauf ausübt. Dagegen müssen wir doch erst aus der Erfahrung entnehmen, daß auch das Material der Strebe ohne nennenswerten Einfluß ist, wenn die Oberfläche einigermaßen dieselbe Glätte zeigt.

So sehen wir schließlich ein, daß es für unser Problem nur auf die rein mechanischen Eigenschaften der Luft, auf die Geschwindigkeit und auf die Größe der Strebe *ankommt.* Aber das genügt uns noch nicht; wir wollen noch wissen, ob die Kräfte etwa mit der Geschwindigkeit proportional oder stärker anwachsen und dergl. Diesen Aufschluß nun geben die *Dimensionsbetrachtungen:* Wir erhielten in unserem Beispiel eine Kraft von 12,5 g. Offenbar hat die Zahl 12,5 keine allgemeine Bedeutung; sie hängt wesentlich davon ab, was als Einheit genommen ist und wird ganz anders, wenn das Meßergebnis statt in g etwa in englischen Pfund ausgedrückt wird. Dasselbe gilt von allen anderen Zahlenangaben, die in unse-

rem Beispiel Verwendung fanden; die Kraft, die Geschwindigkeit, die Längen sind alles benannte Größen, die nur in einem bestimmten, konventionell festgesetzten Maßsystem durch eine Zahl ausgedrückt werden können. Offenbar würde das Meßergebnis in einer viel übersichtlicheren Form erscheinen und seine Tragweite besser zu überblicken sein, wenn die Zahlenangabe in unbenannter Form erfolgen könnte, wenn also der Zahlwert sich nicht auf die Kraft beziehen würde, sondern auf eine vom Maßsystem unabhängige oder, wie man sagt, *dimensionslose* Größe. Solch eine Form läßt sich immer finden; denn auf jeden Fall ist unser Meßergebnis die Folge eines allgemeinen noch unbekannten Gesetzes, wonach die Kraft gleich ist einer Funktion der *Luftgeschwindigkeit*, der *Körperabmessung* und der *mechanischen Eigenschaften der Luft*. Diese Funktion muß nun selbstverständlich auch die Dimension einer Kraft haben, d. h. sie muß sich auch in g oder Pfund, nicht aber etwa in m, oder sec oder sonstwie messen lassen. Nun wird allgemein im technischen Maßsystem eine Kraft in kg, eine Länge in m, eine Zeitspanne in s gemessen; eine Geschwindigkeit hat, wie man sich ausdrückt, die Dimension $\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$. Die Kraft, welche auf einen Körper im Luftstrom ausgeübt wird, kann man unmöglich nur von der Geschwindigkeit und der Abmessung des Körpers abhängig machen; denn wie wir auch Geschwindigkeit und Länge in den Dimensionen zusammensetzen mögen, wir erhalten immer eine Dimension von der Form $[\mathrm{m}^{\alpha}\,\mathrm{s}^{\beta}]$, niemals die Dimension [kg].

Von den mechanischen Eigenschaften der Luft ist für unsern Fall von der größten Bedeutung die *Dichte*; denn offenbar muß die Kraft doch verschieden sein, ob der Körper sich in Wasser oder in Luft bewegt, und im fast luftleeren Raum von außerordentlich geringer Dichte muß die Kraft sehr klein werden. Die Luft*dichte* $\varrho = \frac{\gamma}{g}$, dem *spezifischen Gewicht der Luft* geteilt durch die Schwerebeschleunigung; sie hat die Dimension

$$\left[\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}\cdot\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right]=\left[\frac{\mathrm{kg\,s}^2}{\mathrm{m}^4}\right].$$

Luftdichte ϱ, Geschwindigkeit v und Längenabmessung l können aber in einer und *nur einer* Weise so zusammentreten, daß eine Kraft herauskommt;

$$\varrho\, l^2 v^2 = \left[\frac{\mathrm{kg\,s}^2}{\mathrm{m}^4}\cdot \mathrm{m}^2\cdot\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}\right]=[\mathrm{kg}].$$

Das gesuchte Gesetz wird daher die Form haben: Kraft $K = \zeta\, \varrho\, l^2\, v^2$, wobei ζ eine reine Zahl, eine dimensionslose Größe ist, von der aber natürlich nicht behauptet werden kann, daß sie eine universelle Konstante ist.

Zunächst bleibt noch willkürlich, welche Längenabmessung des Körpers wir einführen wollen; da es sich aber nur darum handelt, geometrisch *ähnliche* Körper zu vergleichen, wir uns also von vornherein darüber klar sind, daß ζ von der *Gestalt* des Körpers abhängen kann, ist es auch ganz gleichgültig, welche Länge wir wählen; man pflegt bei Widerstandsproblemen die dem Luftstrom gebotene Fläche F auszuzeichnen (in unserem Beispiel $F = 1 \cdot 20\ \mathrm{cm}^2$) und $l = \sqrt{F}$ zu setzen, so daß unser Gesetz lautet:

$$K = \zeta\, \varrho\, F v^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1$$

Da die Luftdichte[1]) am Erdboden $\varrho = {}^1/_8\,\frac{\mathrm{kg\,s}^2}{\mathrm{m}^4}$ beträgt, folgt aus den obigen Zahlenwerten[2]) $\zeta = 0{,}50$, und dieser Wert wäre genau so herausgekommen, wenn wir konsequent ein anderes Maßsystem als das unsere, etwa das englische benutzt hätten.

Die Angabe des Zahlenwertes von ζ drückt das Meßergebnis schon viel klarer und übersichtlicher aus als die obige Angabe der Kraft K; aber natürlich haben wir damit noch nicht ein allgemein gültiges Gesetz gewonnen; denn wir hatten ja willkürlich angenommen, daß die Luftdichte von allen mechanischen Eigenschaften der Luft die einzig ausschlaggebende sein sollte, und dies ist durchaus nicht allgemein der Fall.

Wir müssen uns jetzt noch darüber klar werden, von welchen Größen ζ abhängen *kann*. ζ ist eine reine Zahl, kann daher nur wieder von Zahlen abhängig sein. Die absolute Größe des Körpers, eine Länge, kann nicht von Einfluß auf ζ sein, dagegen wohl das *Verhältnis* zweier Längen, also in unserem Beispiel der Quotient Höhe/Basisdurchmesser; solche Verhältniszahlen bestimmen die *Gestalt* des Körpers, ähnliche Verhältniszahlen oder Winkel seine *Lage zum Luftstrom*. Von der Geschwindigkeit kann ζ nur dann abhängen, wenn sie mit anderen dimensionierten Größen so zusammentritt, daß eine dimensionslose Größe herauskommt.

Wenn nun keine andere mechanische Eigenschaft der Luft als nur ihre Dichte in Betracht käme, so könnte ζ von nichts weiter abhängen als von der *Gestalt* und *Orientierung* des Körpers; denn aus den drei einzigen Größen, welche vorkommen können, Dichte, Geschwindigkeit und Längenabmessung, kann man keinen dimensionslosen Ausdruck bilden; in diesem Fall würde unsere Formel (1) ein sehr allgemein gültiges Gesetz aussprechen; die Abhängigkeit der Kraft

[1]) 1 m³ Luft hat 1,25 kg-Gewicht, also ist die Dichte der Luft $\frac{1{,}25\ \text{kg-Gewicht}}{1\ \mathrm{m}^3} : g$, d. h. $\frac{1{,}25\ \text{kg-Gewicht}}{\mathrm{m}^3} : 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = {}^1/_8\,\frac{\mathrm{kg\,s}^2}{\mathrm{m}^4}$.

[2]) $K = 12{,}5 \times 10^{-3}$ kg.
$\varrho = {}^1/_8\,\frac{\mathrm{kg\,s}^2}{\mathrm{m}^4}$
$F = 1 \times 10^{-2} \times 20 \times 10^{-2}\ \mathrm{m}^2$,
$v^2 = 10^2\,(\mathrm{m/s})^2$,

$$\zeta = \frac{K}{\varrho\, F\, v^2} = \frac{12{,}5 \times 10^{-3}}{0{,}125 \times 1 \times 10^{-2} \times 20 \times 10^{-2} \times 10^2} = \frac{\mathrm{kg}}{\frac{\mathrm{kg\,s}^2}{\mathrm{m}^4} \times \mathrm{m}^2 \times \left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2} = 0{,}5.$$

von der Geschwindigkeit könnte dann gar keine andere sein als die quadratische, die Abhängigkeit von der Fläche F und von der Dichte ϱ müßte linear sein. Auch das Stromlinienbild, das man an einem Modell oder an einem beliebigen Objekt in einer beliebig dichten Flüssigkeit beobachtet, wäre ohne weiteres auf alle Fälle übertragbar; denn was man bei einer derartigen Beobachtung feststellt, sind auch nur reine Zahlen, dimensionslose Größen wie Winkel, Richtungen der Strömung, das Verhältnis lokaler Geschwindigkeit zur Luftstromgeschwindigkeit und dergl. Auch diese Zahlen könnten dann nur von der Gestalt und Orientierung des Körpers abhängen.

Diesen Gedankengang kann man aber auch umkehren und schließen, daß, *wenn* man etwa quadratische Abhängigkeit von der Geschwindigkeit und lineare Abhängigkeit von der Fläche beobachtet, dann auch keine anderen Eigenschaften der Luft als ihre Dichte für unser Problem von Bedeutung sein können. Nun lehrt die Erfahrung, daß dies zwar sehr vielfach, aber doch nicht durchweg der

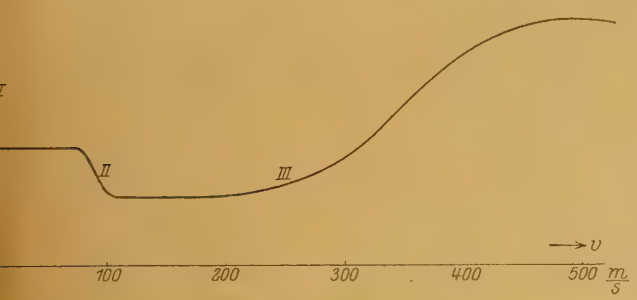


Fig. 1. Luftwiderstand des Versuchskörpers in Abhängigkeit von seiner Geschwindigkeit.

Fall ist; wird z. B. der Widerstand unseres Versuchskörpers in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit gemessen, so ergibt sich ein Bild, das Fig. 1 qualitativ darstellt. ζ ergibt sich tatsächlich in großen Bereichen als gut konstant; aber es finden sich doch dreierlei Abweichungen von der Konstanz:

I. bei kleinen Geschwindigkeiten wird ζ erheblich größer; es verhält sich wie $1/v$;

II. in einem kleinen Bereich geht es einmal von einem höheren zu einem niederen Wert über;

III. bei Geschwindigkeiten, die mit der Schallgeschwindigkeit vergleichbar werden oder sie noch überschreiten, findet sich ein komplizierter Verlauf.

In diesen drei Fällen müssen also andere Eigenschaften als die Dichte der Luft von ausschlaggebender Bedeutung sein, und es ist theoretisch aufzuklären, welche Eigenschaften dies sind, welche Naturkonstanten in die Betrachtung eingehen und von welchen dimensionslosen Größen infolgedessen ζ noch abhängen kann. Wir werden auf diese Weise aus den *Messungen* über Abhängigkeit der Kraft von der Geschwindigkeit gewisse bindende Schlüsse über die Abhängigkeit der Kraft und des Stromlinienverlaufs von den Abmessungen und von den Lufteigenschaften ziehen können.

Verhältnismäßig einfach läßt sich die Abweichung bei großer Geschwindigkeit erledigen; sie tritt *bei Annäherung an die Schallgeschwindigkeit* in Erscheinung und muß daher mit der Schallgeschwindigkeit auch in physikalischer Beziehung stehen.

Damit geht als weitere Naturkonstante in unsere Betrachtung die *Schallgeschwindigkeit* ein, die mit c bezeichnet werde. Diese kann nur in *einer* Weise mit den oben betrachteten Größen zu einer dimensionslosen Zahl zusammentreten, nämlich in der Form $\frac{v}{c}$; *also unser Koeffizient* ζ *kann noch vom Verhältnis der Luftstrom- bzw. Fluggeschwindigkeit zur Schallgeschwindigkeit abhängen.* Durch diese Zahl wird ζ nicht weiter abhängig von der Dichte und von den Längenabmessungen; es bleibt also gleichgültig, ob ein Modell oder ein Flugzeug untersucht wird.

Diese Überlegung läßt nun sofort einen Schluß von theoretischer Bedeutung zu: Die Schallgeschwindigkeit ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Kompressionswellen; es ist also die Zusammendrückbarkeit der Luft, welche bei Annäherung an die Schallgeschwindigkeit ihren Einfluß geltend macht. Man trifft vielfach — allerdings meist bei „Erfindern“ — die Auffassung, daß beim Flugzeug die Luft unter dem Flügel zusammengepreßt werde und der dadurch entstehende Überdruck den Flügel in die Höhe hebe. Aus unseren Betrachtungen, die sich auf den in Fig. 1 niedergelegten Versuch stützen, folgt, daß diese Auffassung nicht richtig sein kann. Nur bei solchen Geschwindigkeiten kann die Kompression der Luft von Einfluß auf die Kräfte und den Strömungsverlauf sein, die mit der Schallgeschwindigkeit 332 m/sec vergleichbar sind oder sie übersteigen. Also in der Ballistik, wo Geschoßgeschwindigkeiten von etwa 1000 m/sec vorkommen, und in der Theorie der Dampfturbinen, wo man Dampfstrahlen von 600 m/sec Geschwindigkeit kennt, ist die Kompression von wesentlicher Bedeutung. *Nicht so in der Theorie des Fluges.* Die höchsten bisher erreichten Fluggeschwindigkeiten gehen selbst im Sturzflug kaum über 80 m/sec hinaus.

Praktisch wichtiger sind die anderen ausgezeichneten Stellen der Kurve in Fig. 1. Daß sie nicht auch mit der Kompressibilität der Luft zu tun haben, können wir experimentell beweisen, wenn wir die der Fig. 1 zugrunde liegenden *Messungen* an einem ganz ähnlich gestalteten Körper wiederholen, dessen *lineare Abmessungen* auf den *doppelten* Wert des zuerst untersuchten Körpers vergrößert sind. Dann werden, wie es nach unseren Betrachtungen sein muß, die Werte von ζ

bei großem v sich nicht ändern; denn da es nur auf $\frac{v}{c}$ ankommt, können Abmessungen keinen Einfluß auf ζ haben. Die anderen auffallenden Werte der ζ-Kurve werden wir auch wiederfinden, aber nicht mehr bei derselben, sondern bei einer *halb* so großen Geschwindigkeit wie früher. Daraus können wir den zwingenden Schluß ziehen, daß die Kompressibilität für diese Erscheinung nicht maßgebend ist, daß vielmehr eine Naturkonstante eingehen muß, welche die Dimension $v \cdot l$ hat. Daraus, daß sich die zu den Stellen I und II unserer Kurve gehörigen Geschwindigkeiten beim zweiten Versuch in gleicher Weise verändert haben, schließen wir, daß beiden Abweichungen dieselbe Ursache zugrunde liegen muß.

Diese Ursache ist die *Zähigkeit oder innere Reibung* der Luft. Wenn zwei Schichten einer Flüssigkeit mit verschiedener Geschwindigkeit aneinander vorbeigleiten, so üben sie aufeinander Schubkräfte aus, und zwar wirkt zwischen zwei Schichten von der infinitesimalen Entfernung dy und vom Geschwindigkeitsunterschied dv die Schubkraft pro Flächeneinheit

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2$$

Die hier auftretende Größe μ nennt man den Reibungskoeffizienten.

Eine Dimensionsbetrachtung gibt uns nun ohne weiteres Aufschluß über die Art und Weise, wie der Reibungskoeffizient μ mit der Geschwindigkeit v, der linearen Abmessung l und der Dichte ϱ zusammentreten muß, um in die Gesetze der Luftkräfte einzugehen. μ folgt aus der Beziehung (2) als ein Druck geteilt durch ein Geschwindigkeitsgefälle, hat also die Dimension

$$\left[\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^2} \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s} \cdot \mathrm{m}}\right] = \left[\frac{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{s}}{\mathrm{m}^2}\right]$$

Aus den genannten Größen läßt sich in *einer* und *nur einer* Weise eine dimensionslose Zahl bilden, nämlich die (nach dem Entdecker ihrer Bedeutung benannte) „Reynoldssche Zahl"

$$R = \frac{\varrho\, v\, l}{\mu} = \left[\frac{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{s}^2}{\mathrm{m}^4} \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot \mathrm{m} : \frac{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{s}}{\mathrm{m}^2}\right] = [0] \quad \ldots (3$$

Nachdem wir also einmal erkannt haben, daß unser ζ sowie der Strömungsverlauf vom Reibungskoeffizienten abhängen müssen, folgern wir aus unserer Überlegung streng, daß diese Größe nicht anders als in der Form (3) in Erscheinung treten kann. Daß Geschwindigkeit und Abmessung in der Zusammensetzung $v\, l$ *auftreten*, wie es nach dem zweiten Experiment *sein* sollte, beweist, daß die beiden fraglichen Stellen in Fig. 1 wirklich dem Einfluß der Zähigkeit zuzuschreiben sind.

Es ist sinnlos, zu sagen, ζ hänge von v oder von l ab, ζ *ist nur eine Funktion von* R. Damit sind wir aber nun vollkommen im klaren, wie wir in unserem ganzen Gebiet einzelne Beobachtungen auf andere Fälle übertragen dürfen und wo die Grenzen dieser Übertragbarkeit liegen.

Sind das Strombild und die Kräfte in einem Fall beobachtet, so gilt derselbe Kraftkoeffizient ζ und verläuft die Bewegung in derselben Weise, wenn nur die Reynoldssche Zahl dieselbe bleibt. Es ist also vom Standpunkt der Mechanik aus ganz dasselbe, wenn einmal wie oben die Geschwindigkeit 10 m/sec und die Körperabmessung 0,01 m beträgt, und wenn etwa die Körperabmessung 0,1 m beträgt, aber die Geschwindigkeit nur 1 m/sec. Es ist auch genau dasselbe, wenn der Luftstrom von 10 m/sec die Dichte der Luft am Erdboden aufwies, und wenn derselbe Körper sich in der Höhe, wo nur halb so große Luftdichte herrscht, aber derselbe Reibungskoeffizient, mit doppelter Geschwindigkeit, also mit 20 m/sec, bewegt. Es ist schließlich auch kein Unterschied, ob der Versuch in Luft, in Wasser oder in irgend einer andern Flüssigkeit angestellt wird, wenn nur die Abmessungen oder die Geschwindigkeit in der Weise geändert werden, daß die Reynoldssche Zahl wieder dieselbe wird. Die einzige Materialkonstante, die vorkommt, ist das Verhältnis $\frac{\mu}{\varrho} = \nu$, das man auch den „kinematischen Reibungskoeffizienten" nennt. Dieser ist z. B. bei Luft etwa 14-mal so groß wie bei Wasser. Ein im Wasser angestelltes Experiment gibt darum streng richtigen Aufschluß über einen Vorgang in Luft, wenn etwa in der Luft die Körperabmessung das Doppelte, die Geschwindigkeit das Siebenfache der im Wasser verwendeten beträgt.

Auf die Modellversuche angewandt, besagt dieses Ergebnis, daß man dann mit Sicherheit von dem kleinen Modell auf das große wirkliche Flugzeug oder Flugzeugteil schließen kann, wenn man entweder das Modell mit einer um so viel höheren Geschwindigkeit bewegt, als der Verkleinerung des Maßstabs entspricht, oder die Versuche in einer Flüssigkeit von hohem kinematischen Reibungskoeffizienten, etwa in Wasser, anstellt, wobei eine kleinere Geschwindigkeit zur restlosen Anpassung an den wirklichen Bewegungsvorgang genügt.

Wie in der Flugtechnik, sind auch in der Mechanik des *Schiffes* bekanntlich die Modellversuche seit langem ein bewährtes und verlässiges Hilfsmittel der Technik und der Forschung. Beim Schiff gilt aber eine andere Modellregel als beim Flugzeug. Das Schiff ist nicht völlig eingetaucht in eine Flüssigkeit, es bewegt sich an der Oberfläche des Wassers; die darauf wirkenden Kräfte sind darum wesentlich durch die Erscheinungen an der freien Oberfläche einer Flüssigkeit, durch die Wellenbildung bestimmt. Auf die Wellenbildung hat aber die Reibung keinen maßgebenden Einfluß, sondern fast ausschließlich die Schwerkraft, und die dimensionslose Zahl, welche das Gesetz der mechanischen Ähnlichkeit bestimmt, enthält den Reibungskoeffizienten nicht, dafür die Schwerebeschleunigung. Sie kann nicht anders lauten als $G = \frac{v^2}{g\,t}$. Zwei Vorgänge sind

mechanisch ähnlich, werden also auch durch die gleichen ζ beschrieben, wenn die Zahlen G dieselben sind. Eine Übertragung vom kleinen Modell auf das große Schiff ist einwandfrei, wenn die Geschwindigkeit sich zur Schiffsgeschwindigkeit verhält wie die Wurzeln der Modellabmessungen zu den Schiffsabmessungen. Der kleinere Maßstab erfordert eine kleinere Geschwindigkeit; beim Flugzeug ist es umgekehrt.

Dieses umgekehrte Verhalten zeigt deutlich, wie wichtig die durch Dimensionsbetrachtung klarzustellende Erkenntnis des Zusammenhangs zwischen Modell und wirklicher Ausführung ist, und wie tief sie in den Vorgang eindringen muß.

(Schluß folgt.)

Das Liebigsche Gesetz vom Minimum und das Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren.

Von Eilh. Alfred Mitscherlich, Königsberg i. Pr.

Einer wohl zuerst von *Davy* 1814 vermuteten, dann von *Sprengel* 1837 bereits zum Ausdruck gebrachten Gesetzmäßigkeit gab *Justus v. Liebig* im Jahre 1862 die folgende Fassung: „Jedes Feld enthält ein Maximum von einem oder mehreren und ein Minimum von einem oder mehreren anderen Nährstoffen. Mit diesem Minimum, sei es Kalk, Kali, Phosphorsäure, Bittererde oder ein anderer Nährstoff, stehen die Erträge im Verhältnis, es regelt und bestimmt die Höhe oder Dauer der Erträge.“ Dieses Gesetz wurde später von *Adolf Mayer* dahin ergänzt, „daß sich der Ernteertrag stets nach demjenigen *Vegetationsfaktor* richtet, der den Pflanzen in geringster Menge zur Verfügung steht“. Zu diesen Vegetationsfaktoren rechnete *Mayer* bereits mit vollem Recht außer den Nährstoffen auch Wärme, Wasser, Licht, Bodengare usw. hinzu. Seine letzte und endgültige Fassung endlich erhielt dieses sogenannte *Gesetz vom Minimum* durch *E. Wollny*, welcher es in folgender Weise erweiterte: „Der Ertrag der Nutzgewächse wird in Qualität und Quantität von demjenigen Wachstumsfaktor beherrscht, der in geringster und unzureichender oder dem Maximum nahegelegener Intensität unter den gerade vorliegenden Verhältnissen zur Wirkung kommt.“

Dies Gesetz bezeichnet *Hoffmann* (Berlin) 1913 als das wichtigste Produktionsgesetz im landwirtschaftlichen Gewerbe, zu dessen Verbreitung und Vertiefung seitens der zuständigen Stellen darum nicht genug getan werden könne, und begründet damit ein Preisausschreiben der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft für die beste sinnbildliche Darstellung dieses Gesetzes. Der Verfasser hat sich damals um den Preis nicht beworben, zumal er selbst stark in Arbeiten befangen war, welche ihn an der Richtigkeit des Gesetzes zweifeln ließen. Dem Kritiker mußten nämlich, sobald er die Frage rein physikalisch ansah, zwei Bedenken kommen, die wir in die Fragen zusammenfassen können:

1. Hängt die Höhe des Pflanzenertrages denn nur von *einem* Vegetationsfaktor, dem sogenannten Minimumfaktor ab, und 2. nach welcher Gesetzmäßigkeit ist dies der Fall?

Unsere Botaniker hatten sich mit dieser Frage gar nicht befaßt, die Landwirte aber machten sich die Beantwortung der Fragen leicht, indem sie einmal die erste derselben „als unumstößliches Gesetz“ bejahten oder gar nicht erst zur Diskussion stellten und die zweite Frage gleichfalls ohne Diskussion damit in einfachster Weise zu lösen suchten, daß sie annahmen, daß die Erträge mit der Steigerung des im Minimum befindlichen Wachstumsfaktors proportional steigen mußten. Taten sie es nicht, so war eben der betreffende Vegetationsfaktor nicht mehr im Minimum! Nur so ist es z. B. zu erklären, wenn *Paul Wagner* sagt: „Ein Doppelzentner Chilesalpeter erzeugt bei voller Wirkung rund 4 dz Getreidekörner, 50 dz Futterrüben, 25 dz Zuckerrüben“; und daß er a. a. O. sagt: „Wurden dadurch weniger als 1,5 dz Körner oder 12 dz Futterrüben, 8 dz Zuckerrüben . . erbracht, so haben wir die Versuche als unbrauchbar erkannt.“ Ein Vergleich der Wirkung zweier verschiedener Düngemittel, welche den gleichen Nährstoff enthalten, wird nur so herbeigeführt, daß den Pflanzen in den verschiedenen Düngemitteln gleiche Nährstoffmengen zugeführt werden; ist dann die Wirkung überhaupt nur gering, so ist der Versuch, da die Düngemittel nicht voll zur Wirkung gelangt waren, zu verwerfen. Wieviel der Nährstoffe man zuzuführen hat, wird gar nicht erörtert, jedoch werden in den meisten Fällen ein Drittel bis ein Fünftel derjenigen verwendet, mit denen man sonst die Höchsterträge zu erreichen hoffte.

Das war der Stand der Frage und ihre Anwendungsart zur Zeit, wie die Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft ihr Preisausschreiben bekanntgab. Mir selbst erschien damals das Problem rein physikalisch-pflanzenphysiologisch einer Lösung zu bedürfen, und ich nahm somit zunächst die *Untersuchung der zweiten Frage* in Angriff, ich suchte die Gesetzmäßigkeit festzustellen, nach welcher der Pflanzenertrag mit der Steigerung eines Wachstumsfaktors zunahm. Dazu mußten wir naturgemäß zunächst von allen anderen Wachstumsfaktoren abstrahieren. Da wir diese beim Wachsen der Pflanzen aber unmöglich ausschalten konnten, so mußten wir sie bei den vergleichenden Versuchen gleich gestalten. Als wir dies taten, fanden wir, daß die Ertragssteigerung nicht proportional, sondern nach einer logarithmischen Gesetzmäßigkeit erfolgte, welche besagt, daß die Höhe der Erträge mit der Zufuhr eines Wachstumsfaktors sich allmählich einem Höchstwerte nähert. Diese Annäherung ist dabei die folgende: Wird mit der ersten Gabe

des Wachstumsfaktors eine Steigerung erzielt, welche 50 % der im Höchstfalle erreichbaren Steigerung beträgt, so muß die zweite Gabe eine weitere Steigerung von $^{50}/_{2} = 25\,\%$, die dritte Gabe eine weitere Steigerung von $^{25}/_{2} = 12{,}5\,\%$ herbeiführen, usf. — Wir erhalten damit eine Kurve, welche in der Fig. 1 ausgezeichnet ist. Das Gesetz selbst lautet:

Der Pflanzenertrag y steigt mit der Gabe eines Wachstumsfaktors x proportional dem an dem erreichbaren Höchstertrage A fehlenden Ertrage:

$$\frac{dy}{dx} = (A - y) \cdot c, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1$$

worin c der Proportionalitätsfaktor ist.

Integrieren wir diese Gleichung, so erhalten wir:

$$\log (A - y) = C - c\,x. \quad \ldots\ldots \quad (2$$

Bei näherer Untersuchung stellte sich heraus, daß die Integrationskonstante C gleich $\log A$

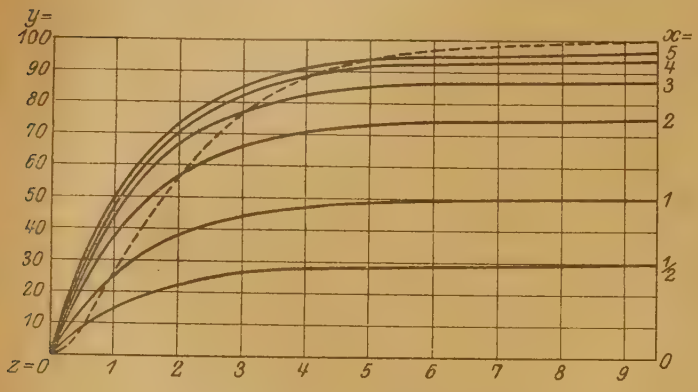


Fig. 1. Abhängigkeit des Pflanzenertrages von den einzelnen Wachstumsfaktoren.

sein mußte. Entlogarithmiert nimmt danach die Gleichung folgende Form an:

$$y = A\,(1 - e^{-cx}). \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3$$

Es war nun naheliegend, weiter, nachdem wir die Gültigkeit dieses Gesetzes für die verschiedensten Wachstumsfaktoren feststellen konnten, zu untersuchen, ob der Höchstertrag A eine konstante Größe war, bzw. wovon dieser bedingt wurde. Wir variierten hierzu einen zweiten Wachstumsfaktor und fanden nun, daß mit der Steigerung desselben auch A, unser vorheriger Höchstertrag, nach dem gleichen Gesetze zunahm. Nahmen wir einen dritten Faktor, so zeigte sich das gleiche; kurz die Höhe von A und damit auch jeder einzelne Ertrag y war bedingt durch *sämtliche* anderen Wachstumsfaktoren. Dadurch nun, daß der Wirkungsfaktor c bei Steigerung eines zweiten Wachstumsfaktors konstant bleibt — es wird dies zunächst noch von *Th. Pfeiffer* bestritten! —, war es *Baule* möglich, dem Gesetz eine allgemeine Form zu geben, in welcher mathematisch in einer einzigen Gleichung dargelegt wird, wie der Pflanzenertrag von den einzelnen Wachstumsfaktoren abhängt; sie lautet:

$$y = E(1 - e^{-cx})(1 - e^{-c_1 x_1})(1 - e^{-c_2 x_2})(1 - e^{-c_3 x_3}) \ldots \quad (4$$

worin E gleich dem durch sämtliche Wachstumsfaktoren erzielbaren Höchstertrage ist, $c\,x$ Wirkungsfaktor und Mengen des einen, $c_1\,x_1$ die des zweiten, $c_2\,x_2$ die des dritten, usf. Wachstumsfaktors bedeuten.

Diese allgemeine Formulierung des „Gesetzes der physiologischen Beziehungen" oder, wie es *Baule* zweckmäßiger nennt, des „Wirkungsgesetzes" der Wachstumsfaktoren sagt nun deutlich, daß es einen sogenannten Minimumfaktor, von dem allein die Höhe des Pflanzenertrages abhängen muß, gar nicht geben kann, sondern daß vielmehr alle Wachstumsfaktoren gleichzeitig einen ganz bestimmten Einfluß auf die Höhe des Ertrages ausüben. Ja, es tritt sogar praktisch in direktem Widerspruch zu dem Liebigschen Gesetze; denn lasse ich den im Minimum befindlichen Wachstumsfaktor konstant, und steigere ich einen zweiten Wachstumsfaktor, der noch nicht in für seinen Höchstertrag ausreichender Menge vorhanden ist, so steigt damit ebenfalls der Pflanzenertrag, was nach *v. Liebig* und seinen Nachfolgern nicht der Fall sein durfte.

In der beifolgenden Fig. 1 habe ich die einzelnen Kurven, welche bei der Steigerung des Wachstumsfaktors z die Steigerung der Erträge y wiedergeben, ausgezogen, und zwar einmal, wenn der zweite Wachstumsfaktor $x = ½$ war, dann, wenn dieser $= 1$, $= 2$, $= 3$, $= 4$, $= 5$ und endlich, wenn er gleich unendlich war. Wir können uns damit auch eine Vorstellung darüber machen, wie die Pflanzenerträge zunehmen müssen, wenn diese beiden Wachstumsfaktoren gleichzeitig, und zwar im gleichen Verhältnisse gesteigert werden. Die Ertragskurve — ich habe sie in der Figur gestrichelt — muß dann durch den Punkt der Kurve von $x = ½$ bei $z = ½$, durch den Punkt der Kurve für $x = 1$ bei $z = 1$; für $x = 2$ bei $z = 2$, . . . hindurchgehen. Wir sehen, daß dann die Kurve selbst einen Wendepunkt erhält, der um so mehr fast nach der Mitte der gesamten Ertragssteigerung hin verlegt wird, je mehr Wachstumsfaktoren gleichzeitig in gleicher Weise gesteigert werden. Unsere Gleichung (4) würde für diesen Idealfall in die Form übergehen:

$$y = E\,(1 - e^{-cx})^n. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5$$

Wir können uns diesen Fall z. B. denken, wenn wir die ganze Zeit des Wachstums einer Pflanze in gleiche Perioden einteilen, in denen ihr stets die gleichen Mengen sämtlicher „n" Wachstumsfaktoren zur Verfügung stehen, und nun den Zuwachs der einzelnen Pflanze innerhalb dieser Perioden beobachten. Die Steigerung des Pflanzenertrages mit der Zeit folgt in der Tat innerhalb der Versuchsfehler dieser allerdings unter ganz einseitig bestimmten Voraussetzungen entwickelten Gleichung. Ob dieses Gesetz aber in dieser Form allgemeiner gültig sein kann, bedarf noch der weiteren Untersuchung. Es ist möglich, daß die Ableitung des „Pflanzenwachstumsgesetzes" aus dem Gesetze der physio-

logischen Beziehungen in anderer Weise zu erfolgen hat, um von den ganz einseitigen Prämissen befreit zu sein. Die Arbeiten hierüber sind zurzeit noch nicht abgeschlossen.

Einige Nutzanwendungen aus dem Wirkungsgesetze der Wachstumsfaktoren.

Hatten wir zuvor die Entwicklung des Wirkungsgesetzes der physiologischen Beziehungen verfolgt, so wollen wir uns jetzt mit einigen Nutzanwendungen desselben befassen. Zunächst ist die Bewertung der verschiedenen Düngemittel damit zum ersten Male auf eine sichere pflanzenphysiologische Grundlage gestellt worden. Wollen wir zwei Düngemittel, die den gleichen Pflanzennährstoff enthalten, in ihrem pflanzenphysiologischen Werte miteinander vergleichen, so werden wir den Versuch nicht mehr so anstellen, daß wir nur je eine Gabe der beiden Düngemittel verabfolgen und die Erträge, welche wir mit diesen erzielen, als Wertmaßstab gelten lassen; denn wir wissen, daß, wenn diese Mengen verhältnismäßig gering sind, die Ertragsdifferenzen sehr groß sein können, daß sie aber immer kleiner werden müssen, je größere Mengen wir von den beiden Düngemitteln verabfolgen; denn schließlich werden sie, wenn wir von beiden genügende Mengen geben, beide den gleichen Höchstertrag A ergeben (vgl. Fig. 2). — Hierin liegt es ja auch begründet, daß *Paul Wagner* dann die Ergebnisse seiner Düngungsversuche für wertlos erachtete, wenn die Ertragsdifferenz nicht eine bestimmte Höhe erreichte. Der Höchstertrag A, welcher mit beiden zu vergleichenden Düngemitteln erreicht wird, hängt ja aber — wie wir sahen — gar nicht mehr von dem betreffenden Wachstumsfaktor, den wir steigern, ab; er wird im Gegenteil bedingt durch die Konstellation aller anderen Wachstumsfaktoren bei den betreffenden Versuchen. Worin finden wir nun aber den vergleichenden Wert der verschiedenen Düngemittel? Wir können dies leicht erkennen, wenn wir auf unsere Gleichung (3) zurückgreifen und die Konstanten derselben für zwei Düngemittel experimentell festlegen. Das erste Düngemittel mag so die Ertragssteigerung nach Gleichung I, das zweite die nach Gleichung II bewirken:

Gleichung I: $\log (A - y) = \log A - c \,.\, x$,

Gleichung II: $\log (A - y) = \log A - c_1 \,.\, x_1$.

Wir müssen also, um den *gleichen* Ertrag y mit beiden Düngemitteln zu erzielen, von dem ersten die Mengen x, von dem zweiten die Mengen x_1 verabfolgen. Und diese Mengen sind, wie sich dies aus den Gleichungen ergibt, bedingt durch die Wirkungsfaktoren c bzw. c_1; denn subtrahieren wir beide Gleichungen voneinander, so erhalten wir $c \,.\, x = c_1 \,.\, x_1$, oder $x : x_1 = c_1 : c$; d. h. je größer der Wirkungsfaktor c ist, um so geringere Mengen von dem betreffenden Düngemittel sind erforderlich, um den gleichen Ertrag y zu erzielen. Der Faktor c ist also ein direkter Wertmaßstab für unser Düngemittel = der „Wirkungsfaktor". Ist er bei einem Düngemittel doppelt so groß wie bei einem anderen, so wird man immer die halbe Menge dieses Düngemittels nehmen, um den gleichen Ertrag wie mit dem anderen Düngemittel zu erzielen, ganz gleich, wie hoch dieser Ertrag ist, ob er nun in der Nähe des betreffenden Höchstertrages liegt oder nicht (vgl. Fig. 2).

Ja noch ein sehr wesentliches Moment vermögen wir aus der obigen Gleichung zu entnehmen, was sich auch experimentell bestätigte: Bei der Subtraktion der beiden Gleichungen fiel der Höchstertrag A weg. Es ist dies ein Zeichen dafür, daß die Bewertung der beiden Düngemittel vollkommen unabhängig ist von dem jeweiligen Höchstertrage, d. h. von der jeweiligen Konstellation aller anderen Wachstumsfaktoren. Wir werden also in der Praxis das gleiche Resultat erzielen müssen, ganz gleich, ob die Witterung in dem betreffenden Jahre eine gute Ernte oder einen geringen Ernteertrag bedingt! — Es scheint mir dies Gesetz auch für verschiedene

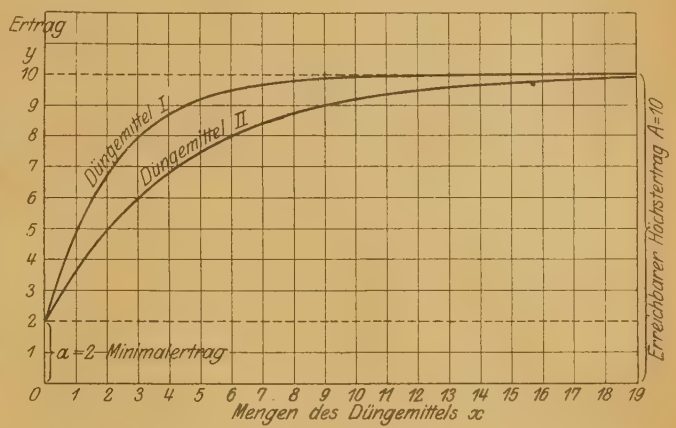


Fig. 2. Zum Vergleiche des Wertes verschiedener Düngemittel.

Kulturpflanzen gültig zu sein; d. h. auch für verschiedene Kulturpflanzen bleibt das Wertverhältnis zweier den gleichen Nährstoff enthaltenden Düngemittel das gleiche. Diese letzte Schlußfolgerung, welche von mir für verschiedene Thomasmehle und Calciumphosphate erwiesen ist, wird jedoch zurzeit noch von *Th. Pfeiffer* angefochten.

Damit ist zunächst die Unsicherheit in der physiologischen Bewertung der verschiedenen Düngemittel gefallen; die Unsicherheit, welche namentlich durch die ganz willkürliche Bemessung der Düngergaben gegeben war. Denn wie wir sahen, ist wohl das Verhältnis der Mengen zweier Düngemittel konstant, welche den gleichen Ertrag ergeben; es ist aber nie das Verhältnis zweier Erträge konstant bei gleichen Nährstoffgaben in Form von verschiedenen Düngemitteln; denn eine Proportionalität zwischen beiden Größen besteht nicht!

Vegetationsversuche, bei denen der Ertrag in Abhängigkeit vom Wachstumsfaktor Wasser untersucht wurde, haben ergeben, daß auch hier unser Gesetz vollkommen zutraf. Der Pflanzenertrag nahm nach der logarithmischen Funktion zu, je mehr Wasser der Pflanze im gleichen Bodenvolumen zur Verfügung gestellt werden konnte. Allerdings muß man bei dem jeden praktischen Landwirt zunächst irritierenden Ergebnisse die Einschränkung machen, daß das Wasser dabei stets ebenso gut, gesund, säurefrei sein und bleiben muß. — Alle anderen Wachstumsfaktoren müssen konstant bleiben! — Zimmerpflanzen, die wir so in einem leicht Wasser durchlassenden Boden kultivieren, können wir danach so naß halten, wie wir wollen; wir müssen nur darauf sehen, daß nie Wasser im Untersatze stehen bleibt, wodurch die Säurebildung im Boden hervorgerufen werden kann. Wo wir in der Praxis Bodenbewässerungsanlagen machen, müssen wir so zuerst für zweckmäßige Entwässerung Sorge tragen, usf.

Die Studien der Abhängigkeit des Pflanzenertrages vom Wachstumsfaktor Licht und vom Wachstumsfaktor Wärme haben eine neue Konstante in unsere Gleichung eingeführt, diese Konstante „k“, eine von x zu subtrahierende Größe gibt uns an,

$$\log (A - y) = \log A - c\,(x - k)$$

bei welcher Lichtintensität bzw. bei welcher Temperatur unsere verschiedenen Kulturpflanzen erst Wachstumsmöglichkeit haben, d. h. erst zu wachsen beginnen.

Da das Gesetz für die Wachstumsfaktoren Wasser, Licht, Nährstoffe . . . zutraf, so habe ich es auch für andere praktische Verhältnisse mit Erfolg in Anwendung bringen können: Auch der Ertrag der Fläche Landes mit der Dichte der Saat folgt unserer logarithmischen Funktion. Je dichter die Saat, um so höher ist der Ertrag der Flächeneinheit. Diese wiederum so manchem Praktiker unwahrscheinliche Tatsache findet aber naturgemäß wieder ihre Beschränkung darin, daß diese Ertragssteigerung nur so lange eintreten kann, wie das Feld bei dichterer Bestellung auch noch während der Vegetation in gleich guter Weise bearbeitet werden kann, und wie die Pflanzen selbst nicht durch ihre Schwachwüchsigkeit ein anderes Verhältnis zu irgendwelchen anderen Wachstumsfaktoren einnehmen, wie dies z. B. bei Lagergetreide gegenüber dem Wachstumsfaktor Licht der Fall sein würde — so lange also, wie alle anderen Wachstumsfaktoren dabei in konstanter Weise zur Wirkung gelangen! — Immerhin läßt sich auf diesem Wege, wenn man noch dabei die Aussaatmengen vom Ertrage in Abzug bringt, ermitteln, in welcher Entfernung man z. B. Hackfrüchte am besten aussetzt, und wie dieses Verhältnis z. B. beim Kartoffelbau durch Klima, Boden und wohl auch durch die Kartoffelsorte zu ändern ist.

Andrerseits zeigte sich, daß ebenso auch der Ertrag der einzelnen Pflanze mit der Größe der dieser zur Verfügung stehenden Fläche Landes nach dem gleichen Gesetze zunimmt. Kommt es uns so auf bestimmte Qualität an, wie beim Hanf z. B. auf lange Faser, so werden wir ein Engerstellen der Pflanze, um einen höheren Ertrag auf der Flächeneinheit zu erzielen, nur soweit betreiben können, wie dadurch in der anderen Richtung die Länge der Faser, also die Entwicklung der einzelnen Pflanze nicht zu stark in Mitleidenschaft gezogen wird.

Auch auf die Tier- und die Menschen-Physiologie hat das Gesetz schon seine Anwendung gefunden. Wir werden es leicht überall da anwenden können, wo eine Erscheinung, deren Entwicklung von vielen variablen Größen *gleichzeitig* bedingt wird, einem Endwerte entgegen geht. Und wenn es, wie so viele unserer Naturgesetze, vielleicht auch nur in erster Annäherung gültig sein sollte, so genügt uns dies sicher, um noch vieles auf dieser Grundlage zu erforschen und unserer Landwirtschaft insonderheit manchen Nutzen zu bringen, selbst wenn der praktische Landwirt vielleicht noch Jahrzehnte nicht einsehen wird, was diese „graue Theorie“ gerade für seinen Betrieb für eine Bedeutung beansprucht.

Hinsichtlich der Literatur mag auf die verschiedenen Mitteilungen des Landwirtschaftlichen Institutes der Universität Königsberg i. Pr., Abteilung für Pflanzenbau, in den Landwirtschaftlichen Jahrbüchern verwiesen werden.

Der Umsatz der Aminosäuren und die physiologische Rolle ihrer Umsetzungsprodukte.

Von A. Pütter, Bonn.

Es ist eine alte Vorstellung, daß im „intermediären“ Stoffwechsel, d. h. bei den Umsetzungen, die die Nahrungsstoffe und Körperstoffe während des Lebens erleiden, eine Anzahl giftiger Produkte entstehen, deren Anhäufung zu schweren Schädigungen führt. Durch eine Reihe neuer Untersuchungen hat diese sehr allgemein und unbestimmt gehaltene Vermutung eine feste Grundlage gewonnen, und es eröffnen sich der physiologischen Forschung auf diesem Gebiete der Lehre vom Umsatz der Körperstoffe weite, lockende Ausblicke, die eine enge Verbindung der Lehre vom Stoffwechesl mit der Lehre von der Wechselwirkung der Organe aufeinander zeigen. Zunächst handelt es sich hierbei um den Umsatz *stickstoffhaltiger* Verbindungen, nur von ihnen soll im folgenden die Rede sein.

Die Aminosäuren als Quelle aller Stickstoffverbindungen des Körpers.

Wenn von Stickstoffverbindungen des Tierkörpers die Rede ist, so denkt man stets in erster

Linie an die Eiweißkörper, die ja auch quantitativ den größten Teil des Stickstoffs enthalten, der im Körper gebunden ist. Man darf aber nicht vergessen, daß es noch eine andere Gruppe lebensnotwendiger Stickstoffverbindungen gibt, die wir unter die Lipoide oder fettartigen Stoffe rechnen und die wegen ihres Phosphorgehaltes auch als Phosphatide bezeichnet werden. Der bekannteste und wichtigste dieser Stoffe, der nirgends fehlt, wo wir Leben finden, ist das Lecithin.

Daß das Eiweiß, das wir in der Nahrung zuführen, um den Eiweißbestand des Körpers zu erhalten, durch ein geeignetes Gemisch von zwölf oder vierzehn Aminosäuren vollwertig ersetzt werden kann, ist eine der Grundtatsachen, die die neuere Eiweißchemie bewiesen hat. Es geht hieraus hervor, daß alle Verbindungen, die am Aufbau des Eiweiß teilnehmen, aus diesen wenigen, chemisch völlig bekannten, synthetisch herstellbaren Verbindungen im Stoffwechsel entstehen können. Die Versuche, durch die diese wichtige Stellung der Aminosäuren im Eiweißstoffwechesl bewiesen wurde, weisen aber zugleich darauf hin, daß nicht nur das Eiweiß, sondern auch alle anderen Stickstoffverbindungen des Körpers sich von den Aminosäuren ableiten, denn in den Versuchen wurde Stickstoff nur in Form von Aminosäuren zugeführt, Phosphatide, etwa Lecithin, waren nicht in der Nahrung vorhanden. In besonders handgreiflicher Weise läßt sich die Entstehung des Lecithins aus den Bausteinen des Eiweiß in solchen Fällen erweisen, in denen Tiere in reichlicher Menge Sekrete abgeben, die Lecithin enthalten. Im Eidotter ist dieser Stoff reichlich vorhanden, und so müssen Versuche mit lecithinfreier Nahrung bei legenden Hühnern oder Enten Auskunft darüber geben, ob in der Tat auch das Lecithin aus den Aminosäuren entstehen kann. In den angedeuteten Versuchen sind ja die Eiweißbausteine, wie sie im Darm bei der Verdauung entstehen, die einzigen Stickstoffverbindungen, die die Nahrung enthält, und wenn die reichliche Lecithinproduktion bei solcher Ernährung keine Einschränkung erfährt, wie es die Versuche von *Fingerling* (1912) für Enten und die *Mc. Collums* (1913) für Hühner gezeigt haben, so haben wir damit den Nachweis, daß der Körper die Fähigkeit hat, aus Aminosäuren auch die Verbindung herzustellen, die den Stickstoff des Lecithins enthält. Diese Verbindung ist das *Cholin*

Die Methylierung der Aminosäuren.

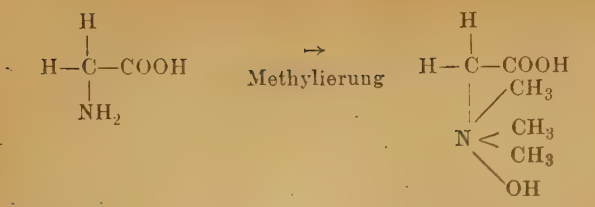
Wenn wir fragen, welchen Weg der Körper einschlägt, um aus Aminosäuren das Cholin herzustellen, so ist eins ganz sicher: es muß eine *Methylierung* stattfinden, denn Cholin ist Trimethyloxyäthylammoniumhydroxyd. Durch die Einfügung der Methylgruppe CH_3, d. h. durch Methylierung, gelangen wir von den Aminosäuren nicht direkt zum Cholin, sondern zu einer Gruppe von Körpern, die als *Betaine* bezeichnet werden. Es sind das Verbindungen, die besonders bei Pflanzen weit verbreitet vorkommen und ihren Namen nach dem Betain der Runkelrübe (Beta) haben. Dieses einfachste Betain entsteht durch Methylierung der einfachsten Aminosäure, der Aminoessigsäure oder des Glykokolls, und ist chemisch *Trimethylglykokoll*. Auch bei Tieren ist dies Betain vielfach nachgewiesen. Zuerst bei der Miesmuschel (*Brieger* 1886) gefunden, hat *Henze* es im Muskel und im Speichel der Tintenfische erkannt (1911). *Ackermann* und *Kutscher* (1907) fanden es bei einem Krebs (*Crangon*) und *Sura* (1909) in reichlicher Menge in der Muskulatur des Dornhais (*Acanthias vulgaris*). Dagegen konnte es bei Säugetieren nicht gefunden werden, obgleich besonders darauf gefahndet wurde. Liegt das etwa daran, daß die Säugetiere die Methylierung der Aminosäuren nicht ausführen könnten?

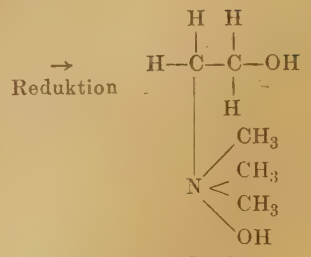
Diese Annahme ist nicht berechtigt, denn auch sie können Lecithin aus Eiweiß herstellen. Viel näher liegt es, anzunehmen, daß bei den Warmblütern das Betain oder die Betaine, die methylierten Aminosäuren sogleich weiter umgewandelt werden.

Es wäre dann zu erwarten, daß bei Schädigungen des intermediären Umsatzes auch bei Säugetieren Betaine zu finden sein würden, und diese Erwartung bestätigt sich: Bei der Phosphorvergiftung findet sich in der Tat beim Hunde im Harn eine methylierte Aminosäure, ein Betain. Zwar nicht das Trimethylglykokoll, sondern eine methylierte γ-Aminobuttersäure, ein γ-Aminobutyrobetain, das sich aller Wahrscheinlichkeit nach von der Glutaminsäure ableitet, aus der γ-Aminobuttersäure entsteht, die dann methyliert wird. Es sei übrigens noch betont, daß die Methylierung nicht nur an den Aminosäuren, sondern auch an Umwandlungsprodukten von ihnen angreifen kann. Dadurch eröffnen sich noch andere chemische Möglichkeiten für die Entstehung von Cholin, ohne daß Betaine als Zwischenprodukte entstünden. Die Betaine sind relativ ungiftige, physiologisch wenig wirksame Körper. Bei der Katze kann man z. B. 2—3 g Betain täglich in einer Dosis ohne Schaden vom Magen aus geben. Beim Menschen rufen einzelne Gramm Betain keine Erscheinungen hervor, und in der Rübenmelasse werden erhebliche Mengen Betain an das Vieh verfüttert.

Das Cholin und seine Verwandten.

Durch eine einfache Reduktion aber kann man vom Betain zum *Cholin* gelangen. Den Zusammenhang von Glykokoll, Betain und Cholin zeigen am besten die beistehenden Strukturformeln:





Im Cholin haben wir nun eine Verbindung, die schon recht energische physiologische Wirkungen auszuüben vermag, wenn sie auch noch nicht als hochwirksam bezeichnet werden kann, im Vergleich zu anderen Produkten des intermediären Stickstoffumsatzes. Die Wirkungen sind an den verschiedenen Organen von verschiedener Art: am Darm bewirkt Cholin eine Steigerung der peristaltischen Bewegung, am Herzen eine Verlangsamung der Schlagfolge oder bei noch stärkerer Wirkung Herzstillstand (wie die Reizung des Nervus Vagus!). Das Cholin beschleunigt die Darmtätigkeit noch in Verdünnungen von 1 : 100 000.

Eine Reihe von Verbindungen aber, die dem Cholin sehr nahe stehen, sind noch viel wirksamer. Da ist zunächst das *Neurin* zu nennen, das durch Wasserabspaltung aus dem Cholin entsteht. Im Tierkörper kommt es im Blut und im Gehirn vor. In seiner Wirkung übertrifft es das Cholin um das Zehnfache. Noch erheblich mehr wie durch Wasserabspaltung wird die Wirksamkeit des Cholins durch Acetylierung (Behandlung mit Eisessig) gesteigert. Wenn das Cholin in Verdünnungen von 1 : 100 000 erkennbare Wirkungen auf den Darm ausübt, so liegt die Wirkungsgrenze für das *Acetylcholin* erst bei 1 : 100 Millionen, d. h. dieser Körper ist 1000 mal so wirksam, ja, am Herzen wirken noch Verdünnungen von 1 : 1 bis 2 Milliarden, für dieses Organ wird die Wirkung durch die Acetylierung um das 100 000-fache gesteigert. Wir wissen aber nicht, ob Acetylcholin im Körper vorkommt, es ist nur wichtig zu wissen, daß durch geringe chemische Veränderungen das schon recht wirksame Cholin in noch viel wirksamere Verbindungen umgewandelt werden kann. Außer durch Wasserabspaltung und Acetylierung kann auch durch Oxydation aus dem Cholin eine sehr wirksame Verbindung entstehen: das *Muscarin*, das Gift des Fliegenpilzes. Es ist gewiß wieder ein Zeichen für die große Einheitlichkeit des chemischen Geschehens bei Tieren und Pflanzen, wenn wir so nahe Beziehungen zwischen hochwirksamen Produkten des Stickstoffumsatzes bei Tier und Pflanze finden. Im Fliegenpilz findet sich neben dem Muscarin ein Körper, der als „Amanitin" beschrieben worden ist, der aber nichts anderes ist als Cholin, das dann durch Oxydation das Muscarin liefern kann. Am Froschherzen wirkt Muscarin etwa 20-mal schwächer als Acetylcholin, aber immer noch etwa 5000-mal so stark wie das einfache Cholin.

Die Dekarboxylierung der Aminosäuren.

Es gibt noch einen Weg, um von den ungiftigen, als Nährstoffe wichtigen Aminosäuren zu sehr giftigen Stoffen zu gelangen, d. h. zu Verbindungen, die noch bei sehr großer Verdünnung erhebliche physiologische Wirkungen auszuüben vermögen. Dieser Weg besteht darin, aus den Aminosäuren Kohlensäure [CO_2] abzuspalten, d. h. die Aminosäuren zu dekarboxylieren. Es entstehen dabei im einfachsten Falle die Amine der Aminosäuren. Von den in größerer Menge auftretenden Produkten des Umsatzes der Aminosäuren zwingt nur eins zu dem Schluß, daß CO_2-Abspaltung bei seiner Entstehung mitspielt und mithin als normaler Vorgang im Säugetierkörper vorkommt; das ist das *Taurin*, das in der Taurocholsäure der Galle enthalten ist. Die nahen Beziehungen des Taurins zu der (einzigen) schwefelhaltigen Aminosäure, die im Eiweiß vorkommt, zu dem Cystin, sind experimentell erhärtet. Bei der Bildung von Taurin aus Cystin muß CO_2 abgespalten werden. Welchen der chemisch möglichen Wege vom Cystin zum Taurin der Körper benutzt, wissen wir nicht, aber eine Dekarboxylierung der Aminosäure findet auf alle Fälle dabei statt.

Dürften wir annehmen, daß der Tierkörper in weitem Umfange über die Fähigkeit verfügt, CO_2 aus Aminosäuren abzuspalten, so würden wir damit einen Weg sehen, auf dem höchst giftige Produkte des Zwischenstoffwechsels entstehen können.

Solche Verbindungen sind als Produkte biochemischer Umsetzungen in ziemlicher Zahl bekannt. In erster Linie findet man sie da, wo Eiweiß unter der Wirkung von Fäulniserregern umgesetzt worden ist. Diese Bakterien bilden aus den Aminosäuren des Eiweiß die entsprechenden Amine, so z. B.:

aus Lysin das Pentamethylendiamin	oder Kadaverin,
aus Arginin das Tetramethylendiamin	oder Putrescin,
aus Histidin das β-Imidazolyläthylamin	oder Histamin,
aus Leucin das Isoamylamin	oder Leucamin,
aus Tyrosin das p-Oxyphenyläthylamin	oder Tyramin.

Alle diese Amine — man bezeichnet sie als proteinogene Amine — sind giftig, zum Teil sehr giftig.

Der zweite Fundort für proteinogene Amine ist ein Pilz (*Claviceps purpurea*), dessen Sklerotien, das sogenannte „Mutterkorn" (*Secale cornutum*), Stoffe enthalten, die als Gifte wie als

Pharmaka eine erhebliche Rolle spielen. Neben anderen Verbindungen finden sich im Mutterkorn die erwähnten Amine des Tyrosins und Histidins, also Tyramin und Histamin.

Von größter Wichtigkeit ist nun die Frage, ob auch im Stoffwechsel der Tiere, wie in dem der Bakterien und Pilze, hochwirksame Amine aus den Aminosäuren entstehen.

Ältere Angaben, nach denen bei der Autolyse[1]) der Pankreas aus Tyrosin das Tyramin entstehen sollte, können heute keine Beweiskraft mehr beanspruchen, da die Mitwirkung von Bakterien nicht ausgeschlossen erscheint.

Wichtiger ist schon die Beobachtung, daß beim Menschen bei Cystinurie die oben erwähnten Fäulnisbasen Putrescin und Kadaverin, die auch als Ptomaine oder Leichenalkaloide bezeichnet werden, zur Ausscheidung kommen.

Die Cystinurie ist eine Stoffwechselanomalie, die eine Störung des Abbaus einzelner Aminosäuren bedeutet. In erster Linie ist es die schwefelhaltige Aminosäure, das Cystin, das nicht in normaler Weise weiter abgebaut, sondern als solches ausgeschieden wird. Daneben aber ist in mehreren Fällen die Ausscheidung der beiden genannten Diamine beobachtet worden. Es ist sehr unwahrscheinlich, daß diese Verbindungen in den genannten Fällen durch die Tätigkeit der Darmbakterien entstanden sein könnten, aber da exakte neuere Untersuchungen über diesen Gegenstand fehlen, dürfen wir auch hier nicht von einem zwingenden Beweise dafür sprechen, daß proteinogene Amine normale Zwischenprodukte im Umsatz der Aminosäuren im Tierkörper sind, die nur greifbar werden, wenn ihre weitere Umwandlung infolge einer Stoffwechselanomalie unterbleibt.

Eine feste Basis hat die Vermutung der Entstehung solcher Amine im Tierkörper im Jahre 1913 durch *Henze* erhalten. *Henze* fand im Speichel der Cephalopoden (Tintenfische) ein typisches proteinogenes Amin, das p-Oxyphenyläthylamin oder Tyramin, das wir schon als Produkt der Eiweißfäulnis und als Produkt des Umsatzes bei dem Mutterkornpilz kennen gelernt haben. Der Anwesenheit dieses Stoffes verdankt der Speichel seine bedeutende Giftigkeit, die es dem Pulp ermöglicht, Krebse durch Injektion seines Speichels rasch zu lähmen.

Mit diesen Feststellungen, daß

1. der Tierkörper die Fähigkeit hat, aus den Aminosäuren CO_2 abzuspalten, wie die Taurinbildung zeigt, und
2. wenigstens ein typisches proteinogenes Amin in einem tierischen Sekret chemisch gekennzeichnet ist,

verlassen wir nun aber den sicheren Boden exakter chemischer Feststellung und kommen in ein Gebiet, in dem die Forscherarbeit in vollem Gange ist, ohne bisher die Schlußsteine zu dem Lehrgebäude von der Bedeutung der hochwirksamen Abbauprodukte der Aminosäuren geliefert zu haben.

Proteinogene Amine und Hormone.

Der Grund dafür, daß die Amine der Aminosäuren in so hohem Maße das Interesse der Physiologen erregen, liegt darin, daß die Wirkungen, die sie auf die verschiedensten Organe des Wirbeltierkörpers ausüben, die größte Ähnlichkeit mit Wirkungen haben, die wir als Erfolge „innerer Sekrete“ kennen.

Wir sehen eine der wesentlichen Funktionen der sogen. „Drüsen mit innerer Sekretion“ (z. B. Nebenniere, Schilddrüse, Hypophyse oder Gehirnanhang usw.) in der Produktion von „Botenstoffen“ oder „Hormonen“. Diese Stoffe gehen in das Blut über, werden mit ihm zu allen Organen gebracht und entfalten ihre Tätigkeit im wesentlichen in der Weise, daß sie die Endigungen der Nerven an Drüsen und glatten (unwillkürlichen) Muskeln beeinflussen, wodurch es je nach der Art der Endigung zu einer Steigerung oder Herabsetzung der Tätigkeit des Muskels oder der Drüse kommen kann.

An denselben Stellen, an denen die Hormone — die Botenstoffe der Drüsen mit innerer Sekretion — angreifen, greifen nun auch die proteinogenen Amine und das Cholin nebst seinen Verwandten an. So erregen Cholin und Muscarin die Endigungen der Nervus Vagus im Herzen, das Tyramin erregt die gefäßverengenden Nerven (d. h. ihre Endigungen) und steigert dadurch den Blutdruck, ganz ähnlich, wie das Adrenalin, der wirksame Stoff des Marks der Nebenniere, und das Histamin bewirkt heftige Zusammenziehungen glatter Muskeln, besonders an der Gebärmutter, ähnlich wie die wirksamen Stoffe, die man aus dem Nerventeil der Hypophyse (des Gehirnanhangs) gewinnen kann.

Da taucht natürlich die Frage auf, ob wir nicht, wenn wir die proteinogenen Amine und die anderen hochwirksamen Zwischenprodukte des Stickstoffumsatzes verfolgen, geradezu der Erkenntnis des Wesens der Hormone, der Botenstoffe, auf der Spur sind.

Was wir bisher von der chemischen Beschaffenheit der Hormone wissen, ist folgendes:

1. *Es sind keine Eiweißkörper,* denn die spezifischen Wirkungen, die die wirksamen Stoffe des Nebennierenmarks, der Schilddrüse, des Nerventeils der Hypophyse und der Thymus (Bries) ausüben, kann man mit Präparaten erhalten, die völlig eiweißfrei sind.
2. Es sind *stickstoffhaltige basische* Verbindungen, die mit den Alkaloidreagentien Fällungen geben.

Diese Eigenschaften deuten auf Körper, die durch Umwandlung von Eiweißbausteinen entstehen, und die Tatsache, daß die bekannten

[1]) Autolyse = Selbstverdauung bei steriler Aufbewahrung.

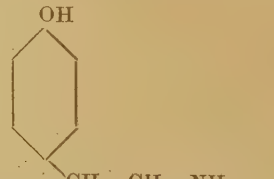
Stoffe, die durch Umsatz der Aminosäuren entstehen (Cholin, Muscarin, Tyramin, Histamin usw.), an den Endigungen der vegetativen Nerven ganz ähnliche Erscheinungen hervorrufen, wie die noch nicht näher bekannten Hormone, legt den Schluß verlockend nahe, daß die Hormone zu diesen Umwandlungsprodukten der Aminosäuren gehören. Man muß sich aber hüten, hier voreilig *chemische Gleichheit* zu behaupten, wenn man *Ähnlichkeit* der *physiologischen Wirkung* findet. Wohl kann man mit einigen proteinogenen Aminen physiologische Wirkungen erzielen, die denen innerer Sekrete sehr ähnlich sind, aber sie sind weder qualitativ gleich, noch besteht quantitative Übereinstimmung, denn die inneren Sekrete sind meist viel wirksamer als die bisher verwandten einfachen und chemisch bekannten Amine.

Die Aufgabe der Forschung ist es jetzt, aus den wirksamen inneren Sekreten oder den wirksamen Präparaten, die man aus Drüsen mit innerer Sekretion hergestellt hat, die einzelnen Stoffe abzutrennen und chemisch zu identifizieren und dann mit chemisch reinen Substanzen oder wohldefinierten Substanzgemischen qualitativ und quantitativ die gleichen Erfolge zu erzielen, wie mit den Organextrakten oder Sekreten. Gelingt das, dann wird in die Lehre von den Botenstoffen dieselbe Klarheit einziehen, wie sie durch die Erkenntnis der Aminosäuren als kristallinischer Bausteine des Eiweiß in die Eiweißchemie eingezogen ist. Es scheint, daß dieser Fortschritt unserer Erkenntnis in greifbare Nähe gerückt ist, aber erreicht ist er noch nicht.

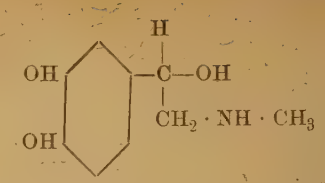
Nur von *einem* inneren Sekret kennen wir die chemische Konstitution genau, vom *Adrenalin*, dem wirksamen Stoffe im Sekret des Markes der Nebenniere. Daß das Adrenalin aus einer aromatischen Aminosäure entsteht, ist sicher; wir müssen also im Tyrosin oder Phenylalanin seine Muttersubstanz suchen.

Die nahe Beziehung zwischen Tyrosin, Tyramin und Adrenalin veranschaulicht am besten die Betrachtung der Konstitutionsformeln:

α-Amino-β-para-oxyphenyl-propionsäure = Tyrosin



p-Oxy-phenyläthylamin = Tyramin



Methylaminoäthanolbrenzkatechin = Adrenalin

Das Adrenalin ist reicher an Sauerstoff als das Tyramin und enthält eine Methylgruppe. Es ist also zu seiner Bildung eine Methylierung nötig, ein Vorgang, dem wir oben bei der Bildung der Betaine und des Cholins begegneten, und außerdem ist auch eine Oxydation nötig. Daß durch Oxydation die physiologische Wirksamkeit gewaltig gesteigert werden kann, sahen wir durch den Vergleich von Cholin und Muscarin. Durch diese Vorgänge der Dekarboxylierung, Methylierung und Oxydation ist nun in der Tat aus der physiologisch sehr indifferenten, als Nährstoff in Menge ertragbaren aromatischen Aminosäure, die die Muttersubstanz des Adrenalins ist, eine ganz außerordentlich wirksame Substanz entstanden, die wirksamste, chemisch völlig bekannte Verbindung, die wir meines Wissens besitzen; vermag doch das Adrenalin noch bei einer Verdünnung von 1 : 80 Milliarden den Tonus einer isolierten Kaninchenblase deutlich zu steigern (*Streuli* 1915), also noch dann eine physiologische Wirkung auszuüben, wenn in 80 000 l nur 1 mg der wirksamen Substanz enthalten ist.

Daß in einem inneren Sekret nicht stets *ein* wirksamer Stoff enthalten zu sein braucht, dafür sprechen die Erfahrungen *Fühners* (1913) an der Hypophyse. Er konnte aus ihr *vier* wirksame basische Substanzen kristallisiert darstellen, deren normale Mischung jetzt als „Hypophysin" bezeichnet wird, während die chemische Konstitution der vier Komponenten noch nicht ermittelt ist.

Literatur.

1909. *Suwa*, Untersuchungen über die Organextrakte der Selachier. Pflüg. Arch. Bd. *128*, S. 421—426.
1911. *M. Henze*, Über das Vorkommen des Betains bei Cephalopoden. Z. f. physiol. Chemie Bd. *70*, S. 253—255.
1912. *Arnt Kohlrausch*, Untersuchungen über das Verhalten von Betain usw. im tierischen Organismus. Z. f. Biol. Bd. *57*, S. 273—308.
1912. *Gustav Fingerling*, Die Bildung von organischen Phosphorverbindungen aus anorganischen Phosphaten. Biochem. Zeitschr. Bd. *38*, S. 448—467.
1913. *Mc Collum, Halpin* and *Drescher*, Synthesis of Lecithin in the hen and the character of the lecithins produced. Journal of Biolog. Chemistry Vol. *13*, S. 219—224.
1913. *M. Henze*, p-Oxyphenyläthylamin, das Speicheldrüsengift der Cephalopoden. Z. f. physiol. Chemie Bd. *87*, S. 51—58.
1913. *H. Fühner*, Über die isolierten wirksamen Substanzen der Hypophyse. Deutsche medizinische Wochenschrift S. 491—493.
1915. *Heinrich Streuli*, Die Wechselwirkung von inneren Sekreten und die Beziehung dieser Wirkung zum Problem der Erregung und Hemmung. Zeitschrift f. Biologie Bd. *66*, S. 167—228.
1916. *M. Guggenheim* und *W. Löffler:* Biologischer Nachweis proteinogener Amine in Organextrakten und Körperflüssigkeiten. Biochem. Zeitschrift Bd. *72*, S. 303—324.

1916. Dieselben, Über das Vorkommen und Schicksal des Cholins im Tierkörper. Biochem. Zeitschrift Bd. *74*, S. 208—218.
1916. *H. Fühner*, Pharmokologische Untersuchungen über die Wirkung des Hypophysins. Biochem. Zeitschrift Bd. *76*, S. 232—247.
1916. Derselbe, Die quantitative Bestimmung des Cholins auf biologischem Wege. Biochem. Zeitschrift Bd. *77*, S. 408—414.
1918. *J. W. te Heux*, Cholin als Hormon der Darmbewegung. Pflüg. Arch. Bd. *173*, S. 8—27.
1919. *J. Abelin*, Beiträge zur Kenntnis der physiologischen Wirkung der proteinogenen Amine. Biochem. Zeitschr. Bd. *93*, S. 128—148.

Besprechungen.

Pauli, R., Psychologisches Praktikum. Leitfaden für experimentell-psychologische Übungen. Jena, G. Fischer, 1919. XIV, 223 S., 90 Abb. und 1 Tafel. Preis geh. M. 11,—, geb. M. 13,40.

Die Redaktion hatte den Wunsch geäußert, daß dieses Buch von einem Physiologen besprochen werde. Das ist deswegen möglich, weil große Gebiete gerade im experimentellen Teil beiden Wissenschaften gemein sind, und es ist berechtigt, weil die Physiologie als die länger selbständig bestehende Wissenschaft in der Organisation von praktischen Übungen über eine reichere Erfahrung verfügt als die experimentelle Psychologie. Die physiologischen praktischen Übungen waren zunächst Ergänzungen zu den Vorlesungen, die von verhältnismäßig wenigen eifrigen Hörern, nicht bloß Medizinern, sondern auch Naturwissenschaftlern und Psychologen, welche die entwickelte physiologische Methodik kennen lernen wollten, besucht wurden. Mit der neuen, jetzt bestehenden Prüfungsordnung für Mediziner wurde das physiologische Praktikum zu einem Zwangskolleg, das der speziellen Ausbildung der Mediziner zu Ärzten dient, und damit wurde die Organisation desselben auf einen neuen Boden gestellt. Es nahm nicht mehr eine Auslese der Tüchtigsten am Praktikum teil, vielmehr mußte die Einrichtung desselben dem durchschnittlichen Mittelmaß angepaßt werden, und es galt, die Methode zu finden, eine sehr große Teilnehmerzahl gleichzeitig mit möglichst geringem Aufwand, trotzdem aber möglichst gewinnbringend zu beschäftigen.

Die allgemeine Lösung dieses Problems ist die, daß man alle Teilnehmer gleichzeitig dasselbe Experiment ausführen läßt, in das man sie durch eine kurze Einleitung einführt, und dessen Ergebnis man zum Schluß zusammenfassend bespricht. Diese Einrichtung, die bei chemischen Anfängerkursen die gegebene ist, setzt bei vielen physiologischen Versuchen — und das gilt auch für die psychologischen — einen mehrfachen Bestand an mitunter kostspieligen Apparaten voraus. Verfügt man darüber nicht, so muß entweder die Zahl der an einem Experiment beteiligten Personen so groß gemacht werden, daß ein Teil von ihnen zum bloßen Zusehen verurteilt ist, oder man muß auf Experimente, die teure Apparate erfordern, verzichten. Man kann diese Schwierigkeiten, wie es *Schenck* in Marburg gemacht hat, dadurch mildern, daß man für den Anfängerunterricht besondere, zweckmäßig vereinfachte billigere Apparate baut, die man in größerer Zahl vorrätig halten kann. Oder man stellt den Teilnehmern an den Übungen, wie es *M. v. Frey* tut, eine gewisse Zahl von Aufgaben, die sie in beliebiger Reihenfolge zu lösen haben, doch so, daß nicht alle gleichzeitig dasselbe arbeiten, sondern jede Gruppe mit einer anderen Untersuchung beschäftigt ist. Diese Anordnung stellt an die Selbständigkeit der Teilnehmer viel größere Anforderungen als der gewöhnliche „herdenmäßige" Unterricht, gewährleistet dadurch aber für diejenigen, die es ernst nehmen, eine viel nachhaltigere Wirkung und gestattet natürlich auch das Arbeiten mit kostspieligeren Apparaten. Sie setzt aber, wenn nicht an den Leiter des Kurses unerfüllbare Forderungen gestellt werden sollen, voraus, daß den Teilnehmern ein Leitfaden an die Hand gegeben wird, in dem sie die nötigen Anweisungen für die Ausführung der Versuche finden.

Der Natur der Sache nach wird ein psychologisches Praktikum am ehesten nach diesem zweiten Modus eingerichtet werden müssen. Dann wird aber das vorliegende Buch einem dringenden Bedürfnis abhelfen. Allerdings ist das Buch von *Pauli* so eingerichtet, daß der Lehrer nicht ganz zu entbehren ist, denn die Beschreibung der Versuche ist nicht so eingehend, daß sie ohne weiteres ein glattes Arbeiten ermöglicht. Sie muß vielmehr durch Hinweise auf häufige Fehlerquellen, durch genauere Darlegung der Handhabung der Apparate usw. ergänzt werden. Im ganzen dürfte dies die Brauchbarkeit des Buches aber nicht wesentlich beeinträchtigen, denn der Leiter des Kurses wird immer das Bedürfnis haben, selbst einzugreifen, um die Versuche den speziellen Einrichtungen seines Laboratoriums entsprechend in Gang zu bringen. Andererseits würde eine gar zu genaue Darlegung aller Einzelheiten ein starkes Anschwellen des Umfanges des Buches bedingen. Man wird sich also mit dieser Einschränkung wohl einverstanden erklären können.

Ein anderer Punkt ist etwas bedenklicher. Jedes psychologische Experiment muß, wenn es fruchtbar sein soll, eingefügt sein in den Gedankengang, der ihm erst Wert verleiht. Ist sich der Lernende beim Versuch dieses Zusammenhanges nicht bewußt, so artet die Übung leicht in bloße Spielerei aus. Natürlich kann diese Gesamteinstellung nur durch vorhergehendes Studium der Psychologie, durch Hören einer Vorlesung und durch das Studium von Lehrbüchern, erworben werden. *Pauli* hat aber versucht, in seinem Buch durch kurze, schlagwortartige Darstellung der theoretischen Zusammenhänge der Versuche eine solche Einstellung auch selbst zu vermitteln. Das Buch liest sich fast wie ein kurzes Lehrbuch der Psychologie in Stichworten mit breit dargelegter experimenteller Methodik. Es ist möglich, daß es dem Lernenden ganz angenehm ist, wenn er von der experimentellen Grundlage aus durch die Hinweise des Verfassers allmählich immer tiefer in die Probleme eingeführt wird. Das wäre ein neuartiger Weg, der in konsequenter Weiterführung zu einer vielleicht nicht unerwünschten Änderung des Gesamtstudiums führen könnte: Vorangehen der Kenntnisnahme von den wichtigsten Tatsachen durch eigene Experimente an der Hand einer zunächst nur in ganz groben Umrissen gegebenen theoretischen Grundlage, dann erst das eigentliche eingehende Spezialstudium. Zweifellos gäbe das eine viel größere subjektive Sicherheit in der Stellungnahme zu den Theorien. Freilich wäre diese Sicherheit insofern etwas bedenklich, weil man mit den ersten groben Umrissen auch schon theoretische Grundanschauungen eingeflößt erhält, die sich, weil sie zunächst kritiklos hingenommen und gleichzeitig scheinbar durch das Experiment gestützt werden, später um so hartnäckiger festsetzen würden.

Charakteristisch für das Buch ist das Bestreben,

ein recht eindringliches Bild von der modernsten Umwälzung in der Psychologie zu bieten. Man merkt, wie es den Verfasser drängt, aus der alten Schablone herauszukommen. Die neuere theoretische Literatur ist demgemäß sehr reichlich zitiert. Hingegen hat es mich überrascht, daß der Verfasser trotz der starken Betonung der Wichtigkeit der Methodik nirgends die ausführliche Darstellung der Untersuchungsmethoden der Sinnesphysiologie im dritten Band von *Tigerstedts* Handbuch der physiologischen Methodik erwähnt.

Gegen die Auswahl der Versuche ist kaum viel einzuwenden. Mit der fortschreitenden Ausreifung beginnt sich auch in den biologischen Wissenschaften allmählich ein Kanon grundlegender Experimente festzusetzen, wie er in der Physik und Chemie längst feststeht. Aufgefallen ist mir, daß der Verfasser zur Bestimmung der oberen Hörgrenze noch die fehlerhafte Methode der Galtonpfeife verwendet, statt der von *Schulze* eingeführten Methode der Longitudinalschwingungen von Saiten. Darin wird eine Überarbeitung in weiteren Auflagen, die dem verdienstvollen Buch sicher in Aussicht stehen, Wandel zu schaffen haben.

F. B. Hofmann, Marburg a. L.

Fajans, K., Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen. (Sammlung Vieweg, Heft 45.) Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1919. VIII, 112 S., 7 Abbildungen, 10 Tafeln und 1 Anhang. Preis M. 4,—.

Wenn der Autor im Vorwort die Erwartung ausspricht, daß seine Darstellung jedem Leser, dem die Grundlagen der Physik und Chemie bekannt sind, verständlich, aber auch physikalischen und chemischen Fachmännern willkommen sein dürfte, so kann der Referent dieser Ansicht nur lebhaft beipflichten. Das Büchlein wird dank der klaren und glatten Schreibweise zweifellos von allen mit Vergnügen gelesen werden, die sich ohne größeren Aufwand an Zeit und Mühe über die wichtigsten Ergebnisse der Radiumforschung unterrichten wollen, und doch gleichzeitig wegen der Gründlichkeit und Exaktheit, mit der alle Fragen behandelt sind, auch von jedem, der tiefer in die Probleme eindringen will, als zuverlässiger Führer bis zu den neuesten Arbeiten benutzt werden. Zum Unterschied von manchen anderen in letzter Zeit erschienenen popularisierenden Darstellungen merkt man hier auf jeder Seite den Forscher, der selber auf diesem Gebiet gearbeitet hat und arbeitet: an der vollkommenen Beherrschung des Stoffes, der Einheitlichkeit des Standpunkts, der Zuverlässigkeit aller Zahlenangaben, der Berücksichtigung der Literatur bis in die letzten Monate. In allgemein verständlicher Form werden hier — um nur einige Kapitel zu nennen — die radioaktiven Umwandlungen, die chemischen Eigenschaften der Radioelemente, die Verschiebungssätze, die isotopen Bleiarten, die Verwendung von Radioelementen als Indikatoren, die Ordnungszahl und Struktur der Atome, endlich der Begriff des chemischen Elementes behandelt; zur Erläuterung sind an verschiedenen Stellen übersichtliche Tabellen eingefügt.

Eine wertvolle Bereicherung bildet schließlich der „Nachtrag", in dem über die durch die neuesten Arbeiten von Rutherford erreichte künstliche Zerlegung des Stickstoffs referiert wird. Und nichts ist vielleicht so geeignet, dem Leser eine Vorstellung von der rapiden Entwicklung zu geben, in der sich die Radiumforschung immer noch befindet, wie die Erkenntnis, daß durch den „Nachtrag" die vom Autor vorgeschlagene und in einem eigenen Kapitel empfohlene Definition des chemischen Elements bereits außer Kurs gesetzt ist. Er definiert ein chemisches Element als einen Stoff, der durch kein Mittel in einfachere Bestandteile zerlegt und nicht als Gemisch anderer Stoffe erkannt worden ist. Stickstoff wurde nun durch ein besonders kräftiges Mittel in einfachere Bestandteile zerlegt, dürfte also nach dieser Definition nicht mehr zu den Elementen gerechnet werden; diese Folgerung wird aber vom Autor selber abgelehnt, so daß nichts übrig bleibt, als die Definition aufzugeben. Bemerkenswert ist dabei, daß der Autor nun selber es für zweckmäßig hält, nur bestimmte Zerlegungsmethoden — keine „alchemistischen" (?) — zur Prüfung auf Elementnatur zuzulassen, während er bisher es für unstatthaft erklärte, eine Auswahl in den Zerlegungsmethoden zu treffen; jene Definition, die sich schon früher nicht scheute, als chemisches Element einen Stoff zu definieren, der durch kein *chemisches* Verfahren in einfachere zerlegt werden kann, bleibt auch nach der erwähnten Rutherfordschen Entdeckung noch zu Recht bestehen, ebenso die gleichzeitig empfohlene, mehr theoretische: Ein chemisches Element ist ein Stoff, dessen sämtliche Atome gleiche Kernladung haben.

Daß nach den beiden zuletzt erwähnten Definitionen Isotope nicht als verschiedene chemische Elemente, sondern nur als verschiedene Arten desselben Elements angesehen werden, scheint aus naturwissenschaftlichen Gründen dem Referenten — wie andernorts auseinandergesetzt — ein weiterer Vorteil, doch ist die umgekehrte Auffassung natürlich logisch ebenso zulässig. Wenn aber *K. Fajans* in seine nur angedeutete revidierte Definition wieder den Satz aufnehmen will: „Ein chemisches Element ist ein Stoff, der ..... nicht als Gemisch anderer Stoffe erkannt worden ist", so ist das wohl überraschend angesichts der Bedenken, die von verschiedenen Seiten schon aus allgemeinen logischen Gründen hiergegen erhoben worden sind. Selbstverständlich wird durch diese Art der Begriffsbestimmung erreicht, daß jede Unsicherheit darüber, welche Stoffe als chemische Elemente betrachtet werden müssen, ausgeschaltet ist. Doch besteht die Unsicherheit der Zuordnung naturwissenschaftlicher Objekte zu den von uns definierten Begriffen nicht nur bei den chemischen Elementen, sondern ist eine ganz allgemeine Erscheinung; und wenn auch andere Naturwissenschaften dies in ihren Definitionen berücksichtigen wollten, müßte man etwa als Fixstern einen Stern definieren, der nicht als Wandelstern erkannt worden ist, als gleichförmige Bewegung eine Bewegung, die nicht als ungleichförmig erkannt worden ist, usw. Bei diesen Beispielen ist es vielleicht noch deutlicher als im Fall der chemischen Elemente, wie sehr es im Widerspruch zum erkenntnistheoretischen Realismus der ganzen heutigen Naturwissenschaft steht, wenn wir annehmen, daß etwas zu einem bestimmten naturwissenschaftlichen Objekt dadurch *wird*, daß wir es als solches erkennen; um nichts weniger ist es aber bei der Definition eines chemischen Elementes logisch verfehlt, auf diese Weise jede Möglichkeit eines Irrtums in der Zuordnung — allerdings ganz radikal — zu beseitigen.

Wenn der Referent betreffs des logischen und naturwissenschaftlichen Wertes der von dem Autor empfohlenen Form der Elementdefinition gewisse Zweifel hegt, so legt er um so größeres Gewicht darauf, zum Schluß nochmals hervorzuheben, daß ihm das Buch

in der Wiedergabe der experimentellen und theoretischen Forschungsergebnisse an Klarheit der Darstellung nicht zu übertreffen scheint. *Fritz Paneth, Hamburg.*

Reinglas, P., Chemische Technologie der Legierungen. Leipzig, Otto Spamer, 1919. X, 483 S. und 212 Fig. Preis geh. M. 38,—, geb. M. 43,— + 10 % Teuerungszuschlag.

Das vorliegende Werk stellt eine wesentliche Bereicherung unserer Literatur über Legierungen dar. Es umfaßt die Legierungen mit Ausnahme der Eisenkohlenstofflegierungen. Im Gegensatz zu den verschiedenen anderen Büchern ähnlicher Art bringt es außer rein wissenschaftlichen Auseinandersetzungen besonders auch die Anwendung der Legierungen auf die Technik. Das vorliegende Werk möchte gewissermaßen vermitteln zwischen Wissenschaft und Technik, indem es den Techniker auf die Errungenschaften der wissenschaftlichen Metallographie hinweist und den Wissenschaftler auf die vielfach noch ungehobenen Schwierigkeiten der Legierungen in technischer Hinsicht aufmerksam macht. Etwas, was wohl sonst in keinem Buche über Legierungen, in keinem Falle jedoch in diesem Umfange gefunden wird, sind die vielen Patente, die in dem Buche auseinandergesetzt wurden. Die deutschen Patente dieser Art sind hier wohl zum ersten Male vollständig angegeben.

Entsprechend der Absicht des Buches ist der wissenschaftliche Teil erheblich kürzer als der rein technische. Die Auseinandersetzung über die Konstitution der Legierungen, über ihre Eigenschaften und Herstellung ist in klarer Weise gemacht worden. Einiges ist vielleicht etwas zu kurz dargestellt, jedoch ist nichts Wesentliches vergessen. Ein Absatz der patentlichen Rechtstellung der Legierungen, der sich dem wissenschaftlichen Teile anschließt, wird manchem von besonderem Werte sein. Der spezielle Teil ist sehr ausführlich gemacht und hierbei sind die Legierungen der Technik bevorzugt. Nacheinander sind behandelt worden die Legierungen von Aluminium, Magnesium, Kupfer, Nickel, Cobalt, Gold, Silber, Platin, Blei, Zinn, Zink, die Lagermetalle sowie die Legierungen von Eisen, Wolfram, Quecksilber und endlich außer den pyrophoren Legierungen noch einige andere. Der Umfang, der sich für die einzelnen Legierungen daraus ergibt, entspricht ihrer technischen Bedeutung. In jedem Falle ist zunächst die Konstitution erörtert, die sich aus dem Zustandsdiagramm ergibt, hieran schließen sich dann die Untersuchungen über das Gefüge, über die ev. Umwandlungspunkte, über die Herstellung, über mechanische und technische Eigenschaften, über die Wirkung des Ausglühens und Abschreckens, über Korrosion, über Verwendung und dgl. Natürlich ist hierbei der Umfang der Auseinandersetzung für die verschiedenen Legierungen auch verschieden. In einem Anhang sind 208 tadellose Mikrophotographien wiedergegeben. Sehr wesentlich ist die stete Rücksichtnahme auf die Patentliteratur, wobei der Patentanspruch im Wortlaut stets wiedergegeben wurde. Gerade dieses wird vielen besonders wertvoll sein. Ausführlich ist bei allen Auseinandersetzungen auch die Literatur angegeben, welche bis in die neueste Zeit verwertet wurde. Die Ausstattung des Buches ist noch vollständig „friedensgemäß", besonders sind die zahlreichen Figuren klar und deutlich.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß das Buch einem jeden, der sich technisch oder wissenschaftlich mit Legierungen befaßt, von großem Werte sein muß.

E. Jänecke, Hannover.

Le Blanc, Max, Lehrbuch der Elektrochemie. 7. Auflage. Leipzig, Oskar Leiner, 1919. VIII, 366 S. und 33 Abbild. Preis M. 16,—.

Dieses allgemein geschätzte Lehrbuch erschien in seiner 6. Auflage im Jahre 1914. Trotz der dazwischenliegenden Kriegsjahre liegt schon wieder eine neue Auflage vor, der beste Beweis für seine Güte. Diese 7. Auflage hat ungeachtet der Berücksichtigung der neuesten Forschungsergebnisse, ohne an Vollständigkeit einzubüßen, an Umfang nur um wenige Seiten zugenommen, was als besonderer Vorteil bezeichnet werden muß.

Die Einteilung des Stoffes ist vom pädagogischen Standpunkte aus eine durchaus glückliche. Nachdem zunächst die Grundbegriffe der Elektrizitätslehre gegeben sind, wobei auch ein kurzer Abschnitt der neueren Elektronentheorie gewidmet ist und nachdem die Entwickelung der Elektrochemie bis in die neueste Zeit geschildert wurde, wird die Theorie der elektrolytischen Dissoziation von *Arrhenius*, die Wanderung der Ionen und besonders die Leitfähigkeit der Elektrolyte des breiteren behandelt. Hier sind nicht nur die Methoden, diese zu messen, beschrieben und die theoretischen Folgerungen auf die Natur der Elektrolyte gezogen, sondern es haben auch praktische Anwendungen z. B. zur chemischen Analyse Platz gefunden. Die Leitfähigkeit der Salze in nichtwäßrigen Lösungen, die Leitfähigkeit organischer Lösungsmittel, der Schmelzen, festen Salze und Salzdämpfe sind gebührend berücksichtigt. Auch die elektrische Endosmose, d. h. die Wanderung der Kolloide unter dem Einfluß des Stromes ist nicht vergessen.

Sehr reichhaltig ist das Kapitel über die elektromotorischen Kräfte. Neben deren Bestimmung und der Theorie ihrer Entstehung finden wir hier die einzelnen Typen als Konzentrationsketten, Flüssigkeitsketten, Thermoketten, Photoketten und chemische Ketten klar und hinreichend abgehandelt, und besonders lesenswert ist der Abschnitt über die so wichtigen Beziehungen zwischen elektromotorischer Kraft und chemischem Gleichgewicht.

Im letzten Kapitel, das von der Elektrolyse und Polarisation handelt, finden wir Methoden zur Bestimmung der Polarisation, die Theorie über den Verlauf der elektrochemischen Reaktionen und die dabei auftretenden Polarisationen, die Passivitätserscheinungen, die Zersetzungsspannungen und ihre Bedeutung für elektrolytische Trennungen und Darstellung von Verbindungen. Zum Schlusse wird noch die Elektrolyse mit Wechselstrom, die ohne Elektroden und die Elektrostenolyse gestreift.

Das Studium der Elektrochemie an Hand dieses Buches muß jedem zum Genusse werden. Es ist alles so klar geboten, daß niemand irgendwelche Schwierigkeiten im Verstehen finden wird. Alles in allem verrät das Buch einen Verfasser, der selbst mit Liebe zugleich forschend und lehrend auf dem Gebiete der physikalischen Chemie und Elektrochemie tätig ist.

Erich Müller, Dresden.

Pringsheim, Hans, Die Polysaccharide. Berlin, Julius Springer, 1919. VI, 108 S. Preis geh. M. 9,—.

Bei der Wichtigkeit der Polysaccharide sowohl für die Chemie und Technik wie auch für die Tier- und Pflanzenphysiologie und die Landwirtschaft war es ein dankenswertes Unternehmen *Pringsheims*, eine Sichtung unserer bisherigen Kenntnisse der Chemie und Physiologie dieser Körperklasse vorzunehmen. Der Wert des Büchleins soll — wie der Verfasser im Vorwort in vorwegnehmender Selbstkritik sagt — „eben-

sosehr in dem, was weggelassen, wie in dem, was geschrieben wurde" bestehen. Damit ist gegeben, daß die Monographie nicht als Einführung in das Studium dieser schwierigen Materie geschrieben wurde. Nur der wird sie mit voller Befriedigung und wirklichem Gewinn durcharbeiten, der die grundlegenden chemischen und vor allem auch allgemeinphysiologischen Vorkenntnisse mitbringt und dadurch imstande ist, die zahlreichen Arbeiten der letzten Jahre, die hier in kritischer Weise behandelt werden, zu bewerten.

Dem Chemiker dürften die struktur- und allgemein chemischen neueren Forschungen der verhältnismäßig noch wenig geklärten komplizierten hochmolekularen Grundkörper und ihrer größtenteils amorphen Abbauprodukte wohl zum Teil bekannt sein. Um so größeres Interesse wird er aber mit dem Biologen den allgemeinphysiologischen Problemen, die hier besprochen werden, entgegenbringen und reiche Anregung für sein spezielles Arbeitsgebiet finden. Besonders hervorgehoben zu werden verdienen die für die Landwirtschaft und die Ernährungsphysiologie so wichtigen neueren Forschungen über die chemische Zusammensetzung cellulosehaltiger Naturprodukte, ihre Verdaulichkeit, ihre Verdaulichmachung und ihr bakterieller Abbau im Boden.

Einen besonderen Wert erhält das Büchlein durch die Anführung und eingehende Berücksichtigung der oft nur schwer zugänglichen reichlichen Literatur. Die Darstellung ist in Anbetracht der Schwierigkeit des Stoffes überaus klar. *Junkersdorf, Bonn.*

Zoologische Mitteilungen.

Das Plankton des Oberrheins bei seinem Eintritt in die Tiefebene besteht nach *Robert Lauterborn* (*Sitzungsberichte der Heidelberger Akad. d. Wiss. 1917*) zunächst ausschließlich aus Seeformen, besonders Diatomeen, die zum Teil aus dem Bodensee, zum Teil aus dem Züricher See, zum Teil aus beiden Seen stammen. Bei länger dauernden sehr niederen winterlichen Pegelständen, wo der Rhein durch Trockenfallen und Ausfrieren der Altwassermündungen den Zusammenhang mit seinen stehenden Seitengewässern verliert, bilden diese Seeformen den ganzen Bestand des Stromplanktons. Ihre Artenzahl bleibt von Basel bis Bingen annähernd dieselbe, während die relative Individuenmenge mehr und mehr abnimmt. Ganz anders liegen die Verhältnisse bei normalen Pegelständen. Hier werden die Seeformen in die offenen Buchten, Altwasser und Häfen eingeschwemmt, wo sie sich lebhaft vermehren und Massenvegetationen bilden können. Bei fallendem Wasser gelangt das derart angereicherte Seeplankton mit dem vielgestaltigen autochthonen Plankton der Hinterwasser wieder in den strömenden Rhein, wo mit der Zunahme der Altwasser stromabwärts auch der Artbestand der freischwebenden Organismen immer mehr zunimmt. Der Zuwachs erstreckt sich hauptsächlich auf gewisse Diatomeen, Grünalgen, Flagellaten, Infusorien, Rotatorien, Crustaceen sowie Larven von Dreissensia polymorpha. So beträchtlich aber auch die Bereicherung an Arten ist, die das Plankton des Oberrheins stromabwärts erfährt, so gering bleibt doch, von einigen Diatomeen abgesehen, die jeweilige Individuenmenge. Der Hauptbestandteil dessen, was das Planktonnetz in den Fluten des Rheins auffängt, sind Massen feinster Sandkörnchen, Schlickflitter, Humuspartikel, durchsetzt mit zahlreichen abgeschwemmten Bodenorganismen, vor allem Diatomeen, Zweige von Cladophora, Moosfragmente usw. Dazu kommen noch unterhalb Basel und ganz besonders von Mannheim-Ludwigshafen ab beträchtliche Mengen von festen Abwasserresten aus Städten und Industrien, die von nun an im Rheine nicht mehr verschwinden.

Über die Fische des strömenden Oberrheins berichtet *Robert Lauterborn* in den *Sitzungsberichten der Heidelberger Akademie der Wissenschaften 1917* folgendes: Im Laufe des Oberrheins vollzieht sich der Übergang des raschfließenden, geschiebeerfüllten Alpenflusses in einen Sand und Schlick ablagernden Niederungsstrom. Mit ihm wandelt sich auch der biologische Charakter der Fischfauna: im oberen Teil der Strecke sind, wie im Hochrhein, Salmoniden noch Stand- und Laichfische, während weiter stromab immer mehr die Formen des ruhigeren Wassers, vor allem gewisse Cypriniden, überwiegen. Die Zahl der Arten ist mit etwa 40 noch recht beträchtlich, während die Individuenmenge durch die Stromkorrektion, die Verlandung der Altwasser sowie die Verunreinigungen eine immer stärkere Abnahme erfährt. Am deutlichsten tritt dieser Rückgang bei dem Lachs oder Rheinsalm (*Trutta salar*) in Erscheinung. Ehedem der eigentliche Brotfisch der Rheinfischer, ist er jetzt im Oberrhein so stark zurückgegangen, daß nur alljährliche Aussetzungen künstlich erbrüteter Junglachse den Bestand vor völligem Erlöschen bewahren. Gegenwärtig laicht der Fisch im offenen Strome nur noch auf dessen oberer Strecke, wo *Lauterborn* auf den Kiesgründen zwischen Neuenburg und Breisach noch eine Anzahl Laichgruben feststellen konnte. Sonst finden sich von Salmoniden hier ständig noch die Forelle und die Äsche vor, die stromabwärts bis ungefähr in die Gegend von Straßburg gehen. Von Cypriniden sind die Barbe und die Nase die gemeinsten Fische. Der von jeher im Rheine einheimische Karpfen, die Plötze u. a. wechseln zwischen dem Strom und den schlammigen Altwassern und bevorzugen so mehr die mittleren und unteren Strecken, ebenso auch der Hecht. Aus der Nordsee steigt die Jungbrut des Aals noch zahlreich den Strom herauf, während der Maifisch, der früher massenhaft in der Gegend von Basel sowie im Neckar laichte, gegenwärtig fast völlig verschwunden ist. Der Stör wird auch jetzt noch im Sommer ab und zu gefangen, ebenso das Meerneunauge, das wahrscheinlich an Lachse und Maifische angesaugt bis in die Gegend von Basel gelangt. Das Fluß- und Bachneunauge laichen auf den Kies- und Sandgründen, in deren schlickerfüllten Tümpeln die Ammocoetes-Larven bei Niederwasser öfter zahlreich zu erbeuten sind. Sehr seltene Irrgäste sind die Flunder und der Wels, der in kleinen Exemplaren bisweilen aus dem Bodensee in den Strom gelangt. Künstlich eingebürgert wurde der Zander, der gut gedeiht, sowie eine Anzahl nordamerikanischer Fische, die aber kaum eine wirkliche Bereicherung der Fauna darstellen.

Charakteristische Elemente der Tierwelt des Oberrheins. Im allgemeinen trägt die Tierwelt des Oberrheins nach *Lauterborn* (*Sitzungsber. d. Heidelberger Akad. d. Wiss. 1917*) ein vorwiegend nordisch-alpines Gepräge, wie es die ganze geologische Entwicklung dieser Stromstrecke bedingte. Der jetzige Oberrhein entstand erst im Diluvium, und zwar dadurch, daß der alpine Rhein, der bis dahin durch die Burgundische Pforte zur Rhone abfloß, bei Basel nach Norden abgelenkt wurde und mit jenem „Urrhein" in Verbindung trat, der schon im Pliozän in der Richtung des heutigen Mittel- und Niederrheins der Nordsee zu-

strömte. Ein tierischer Zeuge dieses ehemaligen Zusammenhanges mit einem Mittelmeerfluß ist *Pseudunio sinuatus*. Diese große dickschalige Muschel, eine typische Form des Rollkieses, bewohnt jetzt den Ebro, Po, zahlreiche Flüsse des südlichen und westlichen Frankreich und findet sich auch in der Saone und im Doubs, also in jenen Zuflüssen der Rhone, die am nächsten an das Gebiet des Rheins herangreifen und durch deren Täler der Strom einst seinen Lauf nach Süden nahm. Auf diesem Wege ist *Pseudunio sinuatus* auch zu uns gelangt. Schon seit langem sind seine Schalen aus Küchenabfällen römischer Siedelungen bei Mainz und Wertheim im Maintal bekannt, doch konnten Zweifel bestehen bleiben, ob diese nicht aus entlegeneren Gebieten zu Speisezwecken eingeführt wurden. Der sichere Nachweis für das ehemalige Vorkommen im Oberrhein ließ sich aber erbringen, als *Lauterborn* in jüngeren alluvialen Rheinkiesen bei Ludwigshafen zusammenhängende Schalen der Muschel in ihrer natürlichen Lage im Boden steckend ausgrub. Sehr merkwürdig ist es, daß *Lamarck* unter den Fundorten seines Unio sinuatus noch 1819 auch den Rhein nennt und daß die Muschel im Seinegebiet den Namen „Moule du Rhin" führt. Seitdem fehlen sichere Beweise für das Vorkommen im Rheine ganz, so daß es den Anschein hat, als sei der interessante Zeuge für die frühere Verbindung von Rhone und Rhein in letzterem ausgestorben. Sonst ist in der eigentlich aquatilen Tierwelt des Oberrheins der Anteil mediterran-atlantischer Elemente recht gering, ganz im Gegensatz zum Lande. Südliche Elemente stellen *Rana agilis* und einige Insekten dar; ein westlicher Zuwanderer ist die Schnecke *Physa acuta*, die, vielfach auch unter menschlichem Einflusse, von Frankreich her ihr Gebiet immer weiter nach Osten erweitert. Als pontische Elemente wären eine Libelle des Altrheins von Neuhofen und ein Copepode der Sümpfe von Neudorf bei Basel anzusprechen. — Sehr beträchtlich ist die Bereicherung, die der Oberrhein durch seinen Anschluß an den Nordsee-Rhein von Norden her empfing. Das bezeugen zunächst die Wanderfische, die zum Laichen nach dem Oberrhein aufsteigen, ferner *Rana arvalis*, eine Anzahl Mollusken, gewisse Sumpfschmetterlinge, 2 Crustaceen und eine Planarie. Einen nordischen Einschlag besonderer Art bringen in unsere Fauna zeitweise auch die gewaltigen Scharen von Sumpf- und Wasservögeln, die alljährlich im Herbste von Nord- und Nordosteuropa über das mittlere Deutschland nach dem Oberrheine ziehen und dessen Lauf bis gegen Basel folgen, von wo sie dann durch die Burgundische Pforte der Rhone und dem Mittelmeere zustreben. — Im Gegensatz zur Lebewelt des Wassers zeigt die Tierwelt des Landes gerade am Oberrhein eine starke und auffällige Durchdringung mit mediterranen und pontischen Elementen, während nordische in der Ebene ganz zurücktreten.

Über eine neue Vorticellide (Systylis Hoffi) berichtet *E. Breßlau* im *Biologischen Zentralblatt, Bd. 39, Nr. 2.* Auf unseren Fluren schaffen Ereignisse wie stärkere Regengüsse, Steigen des Grundwasserspiegels, Überschwemmungen usw. vielerorts regelmäßig ephemere Wasseransammlungen, die nichts anderes darstellen als Infusionen, durchaus vergleichbar den Aufgüssen, die wir in unseren Zuchtgläsern künstlich ansetzen. Von den Organismen, die sich in diesen „Naturinfusionen" oder „Rasenaufgüssen" entwickeln, wissen wir bisher nur sehr wenig. *Breßlau* ließ Rasenstücke von Überschwemmungswiesen bei Wolfisheim ausstechen und setzte sie in Aquarien unter Wasser. Alsbald entwickelten sich unzählige große Vorticellidenkolonien, die sich auf den ersten Blick als etwas vollkommen Neues erwiesen. Es waren Stöckchen mit nicht kontraktilen Stielen, ähnlich denen der Gattung *Epistylis*, jedoch mit dem grundlegenden Unterschiede, daß an jedem Stielende statt *eines* Individuums stets eine ganze Gruppe von Individuen saß. Ein derartiges Verhalten ist bisher unter den Vorticelliden nur ein einziges Mal beschrieben worden, bei *Zoothamnium simplex Sav. Kent* (1882), einer englischen Süßwasserform, bei der etwa ein halbes Dutzend gleichartiger Zooide auf dem Ende eines einfachen, unverzweigten, sich selten und langsam kontrahierenden Stieles sitzen soll. Bei *Systylis Hoffi* ist der glasklare, durchsichtige Stiel mehrfach dichotomisch verzweigt. Auf dem freien Ende der Stielverzweigungen sitzen die Individuen, und zwar jeweils auf dem nach außen gewölbten Apex eines Stielendes eine Gruppe von etwa 40—65 Zooiden, wie die Blüten einer Distel zusammen ein Köpfchen bildend. Bemerkenswert ist, daß die Individuen jedes dieser Köpfchen unter sich nicht gleich sind, sondern daß sich in jeder Gruppe immer ein, bisweilen zwei Zooide vor den anderen durch besondere Größe und abweichendes Verhalten auszeichnen. Die gewöhnlichen Individuen, die *Breßlau* Mikronten nennt, sind kegelförmig, die großen Individuen oder Makronten birnen- oder eiförmig und nähern sich in kontrahiertem Zustande einer Kugel. Die Makronten erreichen etwa das Vierfache der Mikronten an Masse. Sie sind nichts anderes als die schon von *Trembley* (1747) bei *Zoothamnium arbuscula* beobachteten „Bulbi", die später *Ehrenberg* (1838) als „knollenförmige Individuen" beschrieben hat. In der neueren Literatur pflegen sie als Makrogonidien bezeichnet zu werden. Schon *Trembley* hat die Bedeutung der Makronten richtig erkannt, wenn er in ihnen — im Gegensatz zu den Mikronten — die Gründer neuer Kolonien sah. Nach *Breßlaus* Beobachtungen wird die vollständige Entfaltung einer Kolonie in der Regel am fünften oder sechsten Tage nach Ansetzen der Kultur erreicht. Dann beginnt der absteigende Ast der Lebenskurve der Kolonien. Eine Zunahme der Köpfchenzahl findet nicht mehr statt, und Degenerationszeichen stellen sich ein. Auch die Makronten haben um diese Zeit die Grenze ihres Wachstums erreicht. Sie kugeln sich vollkommen ab und kapseln sich ein. Die Bildung der Kapseln oder Zysten geht bei den Makronten einer Kolonie ungefähr gleichzeitig vor sich, am Ende des sechsten Tages nach Ansatz der Kulturen sind fast immer sämtliche Makronten aller Stöckchen enzystiert. Dann lösen sich allmählich die Mikronten von den Stöckchen ab und gehen zugrunde. Eine Zeit lang bleiben dann noch die fertigen Zysten an den sonst leeren Stammverzweigungen der Kolonien hängen. Wird das Wasser der Kulturen aber bewegt, so fallen sie ab, sinken zu Boden und bleiben hier irgendwo im Detritus oder zwischen den Fiederbüscheln der Moospflänzchen oder in den Blattscheiden der Grasstengel liegen. Die Ausbildung dieser Zysten bedeutet also eine glänzende Anpassung an die Daseinsbedingung ephemerer Wasseransammlungen. 5 bis 6 Tage dürfte das Wasser an den tiefsten Stellen der Überschwemmungswiesen wohl immer stehen bleiben. Das genügt, um die Existenz der *Systylis Hoffi* zu sichern. Sind die Zysten gebildet, so können lange Trockenperioden folgen. Ja, sie müssen sogar folgen, denn in dauernd unter Wasser gehaltenen Kulturen sah *Breßlau* bei noch so langem Liegen der

Zysten niemals ihren Inhalt ausschlüpfen. Wurde dagegen nach längerem Austrocknen das Rasenstück wieder unter Wasser gebracht, so erfolgte bei bestimmten Temperaturverhältnissen binnen kurzem das Ausschlüpfen der Makronten und die Entwicklung neuer Stöckchen. Die Makronten sind also Dauerformen, die durch ihre Einkapselung die Erhaltung der Art in den ihr als Wohnsitz dienenden kurzfristigen Wasseransammlungen sichern.

Das Problem der Ameisenmimikry wird von *Franz Heikertinger* im *Biologischen Zentralblatt, Bd. 39, Nr. 2* kritisch beleuchtet. Für eine Ameisenähnlichkeit kommen naturgemäß fast ausschließlich flügellose Arthropoden in Betracht. Der Hauptsache nach sind es 3 Gruppen, die typische Mimetiker stellen: Spinnen, Halbflügler (Wanzen und Zikaden) und Geradflügler (Fangheuschrecken, Grillen und Laubheuschrecken). Die Ameisenähnlichkeit soll nicht bloß durch die Ähnlichkeit der Gestalt, sondern in wirksamer Weise noch durch die Ähnlichkeit der Bewegungen veranlaßt werden. Die Biologie erachtete sich damit vor das Problem gestellt: Welchen Nutzen gewähren diese Ähnlichkeiten, wie haben sie sich im Kampfe ums Dasein in der steten Auslese des Bestausgestatteten herausgebildet? Es lag nahe, an gewisse dem Menschen unangenehme Eigenschaften der Ameisen zu denken, aus diesen hypothetisch zu folgern, diese Eigenschaften dürften auch insektenfressenden Tieren unangenehm sein, hieraus hypothetisch zu folgern, daß diese Tiere keine Ameisen fräßen; sodann aus der Tatsache, daß manche Arthropoden dem Menschen ameisenähnlich erscheinen, hypothetisch zu folgern, sie dürften auch insektenjagenden, mit anderen Sinnesfunktionen als der Mensch ausgerüsteten Tieren ameisenähnlich erscheinen, dürften von diesen tatsächlich für Ameisen gehalten und verschmäht werden. Man darf nach *Heikertinger* das in allen Teilen Hypothetische, auf keinerlei Erfahrungstatsachen Gegründete dieser Folgerungskette nicht übersehen. Nur durch Tatsachenforschung kann hier Klarheit und Sicherheit geschaffen werden. Die Arthropodenfeinde, soweit sie für das Mimikryproblem in Betracht kommen, umfassen Angehörige folgender Tiergruppen: halbparasitische Arthropoden (Raubwespen, Schlupfwespen, Schmarotzerfliegen usw.), räuberische Arthropoden (Spinnen, Raubfliegen, Libellen usw.), Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugetiere. Was zunächst die Arthropoden anbetrifft, so lassen ihre eigenartigen, feinen Sinnesorgane eine Täuschung durch eine plump-primitive, oberflächliche Gestaltähnlichkeit als ausgeschlossen erscheinen. Auch scheuen sie die Waffen der bewehrten Hautflügler nicht. Es gibt unter ihnen nicht nur zahlreiche Arten, die die weit wehrhafteren Bienen, Wespen und Raubwespen anfallen, sondern auch typische Feinde von Ameisen. Die Arthropoden scheiden daher aus der Konkurrenz für die auslesende Herausbildung der Ameisenmimikry endgültig aus. Ebensowenig kommen aber die Wirbeltiere in Betracht. Die häufigeren erdlebenden einheimischen Amphibien werfen ihre Zunge so ziemlich nach allem sich Bewegenden aus. Daß die Ameisen vor ihnen nicht geschützt sind, ergibt sich u. a. aus der Mitteilung von *Fabre*, der Kotwürstchen von Erdkröten fast ausschließlich aus Hunderten von Ameisenköpfen bestehend fand. Eidechsen gehen wehrhafte Hautflügler ohne Furcht und ungestraft an. Ameisen bilden die gewöhnliche Nahrung der nordamerikanischen Krötenechse. In Südeuropa jagen die Geckonen in Häusern nach Ameisen. Ferner ist die Tatsache, daß Ameisen nicht nur nicht gemieden sind, sondern vielmehr einen Hauptbestandteil der Vogelnahrung ausmachen, für alle 5 Erdteile durch Freilandbeobachtungen, Versuche mit eingezwingerten Vögeln und Untersuchung der Magen- und Kropfinhalte sicher nachgewiesen. Nach den genauen Listen von *Csiki*, die das Material von 2523 Mageninhalten umfassen, die von 60 Vogelarten stammen, fanden sich Ameisen in 51 Arten. Endlich ist kein Grund zu der Annahme vorhanden, daß die wenigen insektenfressenden Säugetiere unserer Heimat Ameisen verschmähen. Unter der Nahrung des Igels nennt *Escherich* Ameisen. In den Tropen ist eine Reihe von Säugetierarten sogar fast ausschließlich der Ameisennahrung angepaßt, so Ameisenbären, Gürteltiere, Schuppentiere, Ameisenbeutler und Schnabeligel. Daß Affen auf Ameisen geradezu erpicht sein können, zeigen die Versuche *Pococks*, bei denen ein Kapuzineraffe eine Waldameise nach der anderen, soviel ihm immmer gereicht wurden, mit Behagen fraß. Sogar der Mensch hat sich der Ameisen als Nahrung bemächtigt, denn nach den Berichten von Reisenden werden sie von Naturvölkern vielfach gegessen. Durch sein reiches Tatsachenmaterial glaubt *Heikertinger* den Nachweis, daß die Ameisen keiner insektenfressenden Tiergruppe gegenüber wirksam geschützt sind, daß mithin auch ameisenähnliche Tiere keinen Schutz genießen können, in überzeugender Weise erbracht zu haben. Die Ameisenmimikry im Sinne einer durch Selektion herausgebildeten Anpassung stellt sich somit nach ihm als ein Irrtum der Forschung dar, der in vollem Umfange aufgegeben werden muß.

W. May, Karlsruhe.

Berichte gelehrter Gesellschaften.

Sitzungsberichte der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. 1919.

11. Januar. Sitzung der mathematisch-physikalischen Klasse.

1. Herr *v. Drygalski* spricht über die *Antarktis und ihre Vereisung*. Die Antarktis ist ein Land von kontinentaler Größe, das den Südpol umgibt und in dieser Klimalage ein großes Inlandeis bildet. Die orographischen Verhältnisse begünstigen die Bildung, die Winde beschränken sie regional, doch nicht derart, daß die Ablation den Schneefall überwiegt. Der Ernährungsüberschuß wird durch die Bewegung des Eises ins Meer geführt, doch ist diese der tiefen Temperatur wegen sehr langsam, vielfach gleich Null. Die Antarktis hatte früher eine noch größere Vereisung wie heute, also eine Eiszeit wie die anderen Erdräume, und wohl auch zu gleicher Zeit wie diese. Die antarktische Eiszeit ist aber durch reichlichere Niederschläge zu erklären, nicht durch eine Temperatursenkung, was für andere Länder angenommen wurde, doch auch bezweifelt werden darf.

(Erscheint in den Sitzungsberichten.)

2. Herr *Ludwig Burmester* hält einen Vortrag über die *Konstruktionen der Diagramme der Geschwindigkeit und Beschleunigung des ruckweise bewegten Malteserkreuzes und des Filmes im Kinematographen*. Durch diese Diagramme werden die gewöhnlich $^1/_{60}$ Sekunde dauernden Bewegungsvorgänge veranschaulicht. Es ergibt sich, daß verhältnismäßig die

Geschwindigkeit schnell und die Beschleunigung sehr schnell zu- und abnimmt. Deshalb muß das Malteserkreuz sowie das antreibende eingreifende Einzahnrad aus dem besten Stahl hergestellt werden, um die Abnutzung zu vermindern. Der H. Lehmannsche Aufnahmeapparat, der „Zeitlupe", auch „Zeitmikroskop" genannt wird, ermöglicht bis 500 Aufnahmen in der Sekunde. Dadurch wird der Kinematographie ein ergiebiges Gebiet der Erforschung schneller Bewegungen eröffnet, die bei der Vorführung des Filmes verlangsamt in den einzelnen Phasen erkennbar werden. Und somit empfängt unser Gesichtssinn eine neue Erweiterung, durch die wir zu mannigfaltiger, lehrreicher Kenntnis schneller Bewegungen gelangen.

(Erscheint in den Sitzungsberichten.)

3. Herr *Sommerfeld* legt vor für die Sitzungsberichte: 1. Eine Arbeit von *M. v. Laue: Über die Möglichkeit neuer Versuche an Glühelektroden.* Die Entwicklung der Verstärkerröhren im Kriege hat eine Reihe von theoretischen und praktischen Fragen aufgeworfen. Verfasser zeigt, wie sie durch systematische Versuche beantwortet werden können. — 2. Eine Arbeit von *Paul S. Epstein: Über die Interferenzfähigkeit von Spektrallinien vom Standpunkt der Quantentheorie.* Aus der Übereinstimmung zwischen Wellentheorie und Quantentheorie für große Quantenzahlen wird die Zeitdauer der Lichtemission einer Spektrallinie ermittelt und an den gemessenen Linienbreiten der Röntgenspektren geprüft.

Sitzung am 8. Februar.

1. Herr *R. Willstätter* trägt vor eine von ihm gemeinsam mit Herrn *M. Bommer* ausgeführte Arbeit: *Über die Oxydation von Olefinen.* Die Untersuchung behandelt das Verhalten von Olefinen gegen Sauerstoff bei Gegenwart von Katalysatoren und in Abwesenheit derselben. (Wird anderweitig gedruckt.)

2. Herr *v. Groth* legte den zweiten und dritten Teil vor von *J. Königsbergers* (Freiburg i. B.) *Studien über alpine Minerallagerstätten.* Diese enthalten eine Übersicht über die Mineralassoziationen in den verschiedenen Gesteinen der Zentralalpen und daraus sich ergebende Schlüsse auf die Bildung der betreffenden Mineralien, ferner das Hauptverzeichnis dieser Mineralassoziationen innerhalb einer jeden Gesteinsart nach den Fundorten geordnet mit kristallographischer Beschreibung der in den einzelnen Fundorten vorkommenden Mineralien, endlich eine vollständige Literaturzusammenstellung und eine Anleitung zur Bestimmung der in den Sammlungen meist nicht genau bestimmten Fundorte. (Erscheint in den Abhandlungen.)

3. Herr *S. Finsterwalder* legt vor eine Mitteilung von *F. v. Dalwigk: Formeln für die Geländeaufnahme aus der Luft.* Die aufgestellten Formeln gestatten eine unmittelbare Umrechnung der Koordinaten der Bildpunkte in solche der Kartenpunkte, wenn 3 Bildpunkten die entsprechenden Kartenpunkte zugewiesen sind. Ihre Verwendung setzt die Kenntnis der genauen Lage des Standpunktes in der Luft nicht voraus.

(Erscheint in den Sitzungsberichten.)

Sitzung am 1. März.

Herr *R. v. Hertwig* sprach über den *Bau der zu den Radolarien gehörigen Acanthometren.* In früheren Untersuchungen hatte er einkernige Zustände bei Acanthometren beschrieben und die Umwandlung derselben in Vielkernigkeit, wie sie der Schwärmerbildung vorausgeht, verfolgt. Diese Angaben waren in Zweifel gezogen und auf parasitische Vorkommnisse bezogen worden. Der Vortragende hat nun Gelegenheit gehabt, an einem reichen Material von Acanthometren, welches er während eines Aufenthalts in Teneriffa gesammelt hatte, das Vorkommen einzelliger Formen und die Umwandlung derselben in vielkernige Zustände aufs neue nachzuweisen. Dabei hat sich herausgestellt, daß die Gattung Xiphacantha fast ausschließlich im einkernigen Zustand angetroffen wird.

17. Mai. Sitzung der mathematisch-physikalischen Klasse.

1. Im Auftrag des Herrn *Lindemann* wird für die Sitzungsberichte vorgelegt dessen Abhandlung *Binäre kubische Formen und Dreiecksgeometrie in der komplexen Ebene.*

2. Herr *E. Stromer* trägt vor: *Der Rhein, Deutschlands Strom, aber nicht Deutschlands Grenze.* Es wird in kurzer Übersicht dargelegt, daß sich die geologische Geschichte des Gebietes am mittleren Rhein in allem Wesentlichen in gleicher Weise abspielte, so daß die Grundbedingungen menschlicher Kultur und Geschichte beiderseits die gleichen sind, dementsprechend erweist die Urgeschichte des Menschen ebenso wie die geschichtliche Entwicklung, daß der Rhein nur ausnahmsweise, nur für kurze Zeiten und fast stets nur streckenweise eine Grenze bildete, und daß sein Tal seit dem Bestehen des Deutschen Reiches ein deutsches Kulturzentrum war und ist. *E. M. Arndt* hat dies schon vor 100 Jahren klar erkannt und ausgesprochen.

3. Herr *P. Groth* legte eine Abhandlung von *G. Laubmann* über *Mathias Flurl,* den Begründer der Geologie Bayerns, sein vaterländisches Mineralienkabinett und sein Reisetagebuch aus dem Jahre 1787 vor und berichtet darüber folgendes: Bald nach der ältesten geologischen Kartierung, derjenigen Sachsens, erschien die erste geologische Karte Bayerns in dem Werke von *Flurl,* Beschreibung der Gebirge von Bayern und der oberen Pfalz, München 1792, deren Verfasser sich darin nicht nur als sachkundiger Mineraloge und Geologe, sondern auch als hervorragender und begeisterter Volkswirt erwies, dem Bayern zahlreiche Verbesserungen in der Ausbeutung seiner Mineralschätze und noch weit mehr, leider nicht befolgter Ratschläge zu solchen verdankt. Der Verfasser der vorgelegten Abhandlung hat nun die in der hiesigen Oberbergdirektion noch vorhandene „Flurlsche Sammlung", welche im wesentlichen das jenem Werke zugrunde liegende Material enthält, einer Durcharbeitung unterzogen und entdeckte dabei ein dort aufbewahrtes handschriftliches Werk: „*M. Flurls,* kurfürstl. wirkl. Bergraths usw. Tagebuch oder Bemerkungen, welche er auf einer Reise durch die obere Pfalz und einen Theil von Franken, Sachsen und Böhmen gemacht hat, verfaßt im Jahre 1787." Dieses als Ergänzung des oben genannten Buches und überhaupt für die Tätigkeit des um Bayern hochverdienten Gelehrten wichtige Werk dürfte in der jetzigen Zeit, in der es sich darum handelt, die Bodenschätze des Landes intensiver auszunützen als es bisher geschah, von besonderem Interesse sein, daher es im Zusammenhang mit einem Überblick über das Leben und die wissenschaftliche Tätigkeit *Flurls* sowie einer kurzen Beschreibung der wichtigsten Stücke seiner Sammlung nunmehr der Öffentlichkeit übergeben werden soll. (Die Abhandlung erscheint als besondere Veröffentlichung der Akademie.)

4. Herr *S. Finsterwalder* legt vor eine Abhandlung von Dr. *F. Staeble: Isoplanatische Korrektion und Proportionalitätsbedingung.* Der günstige Korrektionszustand eines zentrierten optischen Systems ist durch Hebung der sphärischen Aberration und Erfüllung der Abbeschen Sinusbedingung noch nicht erreicht, sobald endliche Öffnung bei kleinem Gesichtsfeld in Frage kommt. Er erfordert die Erfüllung einer neuen Bedingung (Isoplanarie), die in diesem Falle praktisch wichtiger ist als die erstgenannten. Diese läßt eine einfache geometrische Bedeutung zu und kann für die Durchrechnung der Systeme in verschiedenen Formen verwendet werden. (Erscheint in den Sitzungsberichten.)

5. Herr *v. Seeliger* legt für die Sitzungsberichte eine Abhandlung von Herrn *Kuno Hoffmeister* vor: *Über die Bahn der von Donner begleiteten Feuerkugel vom 8. April 1916.*

6. Herr *M. Schmidt* bringt eine kürzlich erschienene *Veröffentlichung der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung* in Vorlage über die in

den letzten 10 Jahren unter seiner Leitung ausgeführten *„Ergänzungsmessungen zum Bayerischen Präzisionsnivellement"*, über deren wissenschaftliche Ergebnisse von ihm bereits in einem am 6. Juli 1918 gehaltenen und in den Sitzungsberichten gedruckten Vortrag eingehend berichtet worden ist. Die vorliegende Abhandlung enthält nach einigen allgemeinen Mitteilungen über die neuerdings bei den Feinnivellements der bayerischen Erdmessungskommission verwendeten Instrumente und Meßmethoden, die im oberbayerischen Alpenvorland durch die neuesten Messungen festgestellten Höhenänderungen, ferner ausführliche Angaben über die Anlage und Ausgleichung des oberbayerischen Höhennetzes sowie eine Zusammenstellung der hauptsächlichsten Messungs- und Berechnungsergebnisse, die sich auf die Höhenbestimmung von 460 auf 15 Linien mit 607 km Gesamtlänge verteilten Nivellementsfestpunkten beziehen. Der mittlere Höhenfehler für 1 km Streckenlänge und 10 m Höhenunterschied ist aus der Netzausgleichung zu $\pm 1{,}35$ mm berechnet worden. Als besonders bemerkenswert dürfte hervorzuheben sein, daß eine Vergleichung der im Höhenverzeichnis besonders auf S. 61 u. f. angegebenen neu bestimmten Höhen mit den vor 3 bis 4 Jahrzehnten gefundenen ursprünglichen Werten eine *mit der Zeit fortschreitende Bodensenkung* erkennen läßt, welche für eine Reihe von Punkten bis zu 2 mm im Jahre beträgt.

Sitzung am 21. Juni.

1. Einer Anregung des Herrn *M. Schmidt* nachkommend, sprach Herr *E. Kayser* über die *geologische Bedeutung der neueren Feinmessungen (Präzisions-Nivellements) im oberbayerischen Alpenvorlande.* Diese überaus sorgfältigen Arbeiten haben ergeben: 1. daß die am Nordrand der bayerischen Alpen gelegenen Dreieckspunkte im S von München (Wendelstein u. a.) sich im Laufe der letzten 100 Jahre um rund ¼ m nach N bzw. NW verschoben haben, also München um so viel näher gekommen sind, und 2. daß, während die Höhenlage von München selbst anscheinend keine Änderung erfahren hat, das östlich davon liegende Stück der bayerischen Hochebene, in einer auf 100 km bis an die österreichische Grenze verfolgten Länge und einer 50 km betragenden, vom Alpenrande nach N bis zum Inn reichenden Breite, sich im Zustande dauernder Senkung befindet. Der Vortragende berührte zunächst die in neuerer Zeit in Nord- und Mitteldeutschland gemachten Wahrnehmungen über Höhenänderungen gewisser Punkte, um dann zu ähnlichen Feststellungen im Bodenseegebiet überzugehen, für welches badische und schweizerische Feinmessungen ansehnliche neuere, zum Teil im Gefolge von Erdbeben eingetretene, bleibende Bodensenkungen nachgewiesen haben. So bei Bregenz allein in den Jahren 1896—1906 solche von 102, und bei Konstanz von 1817—1890 solche von 317 mm. Ja, die dort seit Ende der Eiszeit erfolgten Senkungen sollen volle 15 m erreichen! Weit schärfere und umfangreichere Messungen verdanken wir den neuen bayerischen Arbeiten. Sie haben es möglich gemacht, die Senkungserscheinungen in dem oben bezeichneten Teile des Alpenvorlandes (in einer hier wohl zum ersten Male angewandten, den bekannten skandinavischen Isoanabasenkarten *de Geers* entsprechenden Weise) durch Isokatabasen (Linien gleicher Senkung) auf einer Karte übersichtlich darzustellen. Es ergibt sich daraus, daß das im O von München liegende Stück der oberbayerischen Hochebene stetig einsinkt, und zwar um so stärker, je weiter nach Norden, gegen den Inn zu, und ebenso je weiter nach Osten, gegen das Salzburgsche zu. Hier hat der Betrag der Senkung zwischen Mühldorf und Marktl allein in den Jahren 1887 bis 1906, also in einem Zeitraum von nur 19 Jahren, 66,4 mm betragen. Die Fortdauer der Senkung in gleichem Maße vorausgesetzt, würde die Senkung für 100 Jahre 0,3, für 1000 Jahre 3 m ergeben. Es würde also gegebenenfalls schon die (geologisch gesprochen) ganz geringe Zeitspanne von wenigen Jahrtausenden genügen, um zwischen München und der österreichischen Grenze ein breites, dem des Bodensees vergleichbares Einbruchsbecken entstehen zu lassen. Wie diese Erscheinungen sich jenseits der österreichischen Grenze gestalten, darüber ist bisher leider nichts bekannt. Es ist nun sehr bemerkenswert, daß beide Senkungsfelder, das des Bodensees wie auch das in Bildung begriffene oberbayerische, inmitten der schweizerisch-süddeutschen Molassen- oder Miozänmulde liegen, einer großen Geosynklinale, einem Gebiete, das sich bereits seit der älteren Tertiärzeit in starker Senkung befindet. Die gewaltige, über 2000 m betragende Mächtigkeit der bekannten Rigi-Nagelfluh — einer großen olizogän-miozänen Deltabildung — ist dafür Beweis genug, soweit die Tertiärzeit in Frage kommt, während die vielbesprochenen verbogenen (zum Teil alpenwärts fallenden) Terrassen an den Abhängen des Zürichsees uns die Fortdauer der Senkung während der Diluvialperiode vor Augen führen. Erinnert man sich dieser und anderer Tatsachen, so erscheinen demgegenüber die jetzt nachgewiesenen Senkungen im O von München als ein verhältnismäßig schwacher Nachklang jener älteren Bodenbewegung. Daß übrigens der ganze Untergrund der Geosynklinale von Stetigkeit noch weit entfernt ist, zeigt schon die Häufigkeit der Erdbeben im nördlichen Alpenvorlande. *C. Regelmann* hat schon 1907 die Senkungen am Bodensee auf einen von den Alpen her wirkenden Tangentialdruck zurückführen wollen. Das Alpengebirge wäre nach ihm in einem langsamen Vordringen nach N begriffen und preßt dadurch die große ihm vorliegende, bis zum Schwarzwald-Vogesenkern reichende, wie zwischen den Backen eines Schraubstockes gelegene Miozänmulde zusammen. Dieselbe Annahme möchte der Vortragende auch auf die Fortsetzung der großen Mulde nach O, nach Oberbayern, übertragen. Auch sie wird durch das Vorwärtsdrängen der Alpen in ähnlicher Weise gegen die alte böhmische Masse gepreßt. Die durch die Münchener Messungen erwiesene Verkürzung des Abstandes der Alpen von München, ebenso wie das Einsinken der Oberfläche der Mulde im Bereiche der „Inn-Salzach-Platte" *M. Schmidts*, erklären sich daraus in einfacher Weise, und dasselbe gilt für die schon lange bekannten auffälligen Überkippungen der (alpenwärts einfallenden) Braunkohlenflöze am Rande der bayerischen Alpen bei Miesbach und Penzberg.

2. Herr *Ernst Stromer* legt eine Arbeit vor des Münchner Geologen Dr. *A. Lebling* über *Forschungen in der Baharije-Oase und anderen Gegenden Ägyptens* und empfiehlt sie zur Aufnahme in die Abhandlungen als Fortsetzung der „Ergebnisse der Forschungsreisen Prof. *E. Stromers* in den Wüsten Ägyptens". Dr. *Lebling* hat mit Unterstützung der Akademie im Frühjahr 1914 eine mehrmonatliche Reise in das ägyptische Niltal, seine nähere Umgebung und in die Baharije-Oase ausgeführt und hat über die Schichten der Kreide und Tertiärformation speziell des letzteren Gebietes bemerkenswerte Feststellungen gemacht, vor allem, daß die sandigen und tonigen Schichten der mittleren Kreide seitlich in Dolomite übergehen und daß kretazische ebenso wie alttertiäre Schichten örtlich durch Kontaktmetamorphose eisenschüssig geworden sind. Erheblich sind auch seine Beobachtungen und Schlüsse über die Wüstenbildungen, besonders über die eigenartigen in der herrschenden Windrichtung sich hinziehenden Sanddünenketten und über die Kieswüste. Schließlich sind seine Feststellungen von Bedeutung, daß in und bei der genannten Oase und bei Kairo keine gewöhnlichen tektonischen Falten, sondern merkwürdige dünne und geschlossene Mulden vorhanden sind.

Sitzung am 12. Juli 1919.

Herr *Rückert* legt vor eine Abhandlung des Herrn *Ludwig Neumeyer: Vergleichend-anatomische Untersuchungen über den Darmkanal fossiler Fische.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9 — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 6. (Seite 101—119) **6. Februar 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Symbiose bei Bakterien. Von *Ernst G. Pringsheim, Berlin-Dahlem.* S. 101.

Form und Geschwindigkeit. Ein Beitrag zur allgemeinen Morphologie. Von *Karl Przibram, Wien.* (Mit 10 Abbildungen.) S. 103.

Über Modellregeln und Dimensionsbetrachtungen. Von *Ludwig Hopf, Aachen.* S. 107.

Geographische Mitteilungen:

Über Luftspiegelungen und Tromben im Hochlande von Bolivien. Die Stötznersche Szetschwan-Expedition. Geburtenrückgang in Deutschland. Erkrankungen und Todesfälle unter der Bevölkerung in Wolhynien und Polen im Gebiete des Bug und Pripet. Die hauptsächlichsten Fundamentalsätze der paläoklimatischen Forschung. Die Vorzeitformen der deutschen Mittelgebirgslandschaften. Kriegsfortschritte der Kartographie. Geographie. S. 111—116.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Die Wirkung der Aushungerung Deutschlands auf die Berliner Kinder mit besonderer Berücksichtigung der Waisenkinder der Stadt Berlin. Das Fettminimum des Menschen. Über das Hören unter Wasser. S. 116—118.

Berichte gelehrter Gesellschaften:

Sitzungsberichte der Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften 1919. S. 119.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.

Binokulares Mikroskop mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren

Mikrophotographische und Projektionsapparate

Mikrotome, Lupen und Lupenmikroskope ❖ Prismenfernrohre.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 12.– für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.20.

Anzeigen werden zum Preise von **M. 1.–** für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40 % Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztewelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.
Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G. m. b. H. CÖLN a. Rh.

Die Anschaffung des
Handwörterbuchs der Naturwissenschaften

10 Bände in Halbfranz 1200.— Mark **erleichtert** durch Verteilung des Betrages auf mehrere Jahre oder Amortisation in 10 % Monatsraten. Das Werk wird sofort vollständig geliefert. Ein Band gern zur Ansicht.
H. Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75

Die Naturwissenschaften
1915, 1916
zu kaufen gesucht.
Angebote unter **Nw. 167** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (167

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope
Gg. Leisegang Berlin
Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche
Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

Wissenschafter sucht
Zeiss Mikroskop
einzeln oder zusammen: Großes Stativ, optisches Zubehör und Spezialteile (Paraboloid-, Quarz-Kondensor, Spektraloccular). — Angebote erbeten unter **Nw. 184** an die Expedition dieser Zeitschrift. (184

Rechenmaschine
zu kaufen gesucht. (185)
Angebote erbeten unter **Nw. 185** an die Expedition dies. Zeitschrift.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 6. Februar 1920. Heft 6.

Symbiose bei Bakterien[1]).

Von Ernst G. Pringsheim, Berlin-Dahlem.

Die Erscheinung der Symbiose bei Bakterien hat eine viel umfassendere Bedeutung, als es auf den ersten Blick erscheinen könnte. Selbst wenn wir davon absehen, daß wir Bakterien in engsten Wechselbeziehungen mit höheren Pflanzen und Tieren und wahrscheinlich auch mit Algen finden und uns auf die Symbiose *zwischen* Bakterien beschränken, so liegt hier ein Riesengebiet der Forschung vor, das erst zum kleinsten Teil in Angriff genommen ist. Verstehen wir nämlich unter Symbiose das Zusammenleben zweier oder mehrerer Organismen, die *unter natürlichen Bedingungen* aufeinander angewiesen sind, so erhellt schon aus der Tatsache, daß wir Bakterien außer im Tier- und Menschenkörper fast nie in Reinkultur vorfinden, daß sie also *immer im Gemisch* die für den Haushalt der Natur so ungeheuer wichtige Arbeit verrichten, die Größe der wissenschaftlichen Aufgabe, die hier vorliegt.

Die Tätigkeit der Bakterien besteht bekanntlich darin, die Reste der abgestorbenen Pflanzen und Tiere zu vernichten und sie in Kohlensäure, Wasser und Stickstoffsalze aufzulösen, woraus sie entstanden sind, um sie von neuem der aufbauenden Tätigkeit der grünen Pflanze zuzuführen. Dieser Abbau der organischen Massen geschieht nun nicht auf einmal, in einer chemischen Reaktion. Es gehen vielmehr aus dem Stoffwechsel der Bakterien neue organische Substanzen mit kleinerem Molekül und geringerem Energiegehalt hervor, die oft nicht von demselben Spaltpilz weiter verarbeitet werden können. Dem stehen verschiedene Ursachen hindernd in dem Weg, z. B. sauere Reaktion, Mangel an Sauerstoff, zu hoher osmotischer Druck usw., oder das Fehlen der betreffenden Werkzeuge, der Enzyme. Und nun greifen andere Bakterien ein, für die die Lebensbedingungen vorher nicht gegeben waren, die z. B. nicht über die Enzyme verfügten, um den Ursprungsstoff anzugreifen und bauen die betreffenden Substanzen eine Stufe weiter ab, vielfach auch noch nicht bis zur völligen Auflösung in die einfachsten, energieärmsten Verbindungen, so daß wieder neue Bakterien in Tätigkeit treten können usf.

Die Notwendigkeit dieses Ineinanderarbeitens ergibt sich, wie gesagt, hauptsächlich durch den Enzymmangel vieler Bakterien. Was man in vielen Büchern lesen kann, daß nämlich die Spaltpilze ihre Zerstörungskraft dem Reichtum an Enzymen verdanken, ist in dieser Allgemeinheit nicht richtig; Hefezellen, Körperzellen von Tieren, selbst Schimmelpilze, verfügen über eine größere Auswahl von Enzymen als die Mehrzahl der Bakterien, und z. B. die Krankheitserreger sind größtenteils in dieser Beziehung recht kümmerlich ausgestattet. So ist etwa die natürliche Fäulnis von Eiweißstoffen oder die völlige Zerstörung zellulosehaltiger Pflanzenteile überhaupt nicht mit der Reinkultur *eines* Spaltpilzes zu erzielen. Wir bekommen auf diese Weise immer nur ein Gemisch der verschiedensten weiter zersetzbaren organischen Stoffe.

Wenn wir also die so wichtigen Vorgänge *in der Natur* verfolgen und erforschen wollen, so müssen wir auch mit natürlichen Organismen*gemischen* arbeiten. Es sind dann aber wieder die Vorgänge biologisch nicht klar zu durchschauen und deshalb auch nicht in genau gleicher Weise zu wiederholen, wie es die Wissenschaft heute verlangt. Die letztgenannten Gründe waren in der Periode der Reinkultur, die auf *Robert Koch* folgte und die noch nicht abgeschlossen ist, vor allem ausschlaggebend. Das war an sich durchaus berechtigt; aber man vernachlässigte darüber die natürlichen Vorgänge. Um diesen näher zu kommen und doch die Vorteile der Reinkultur nicht zu verlieren, muß man dazu übergehen, mit künstlichen Bakteriengemischen zu arbeiten, zunächst mit solchen aus zwei Arten. Aber auch das ist schwierig, da schon bei *einer* Art verschiedene chemische Prozesse nebeneinander laufen, deren Ineinandergreifen bei Gemischen noch schwerer zu übersehen ist. Durch entsprechende Versuchsanordnung läßt sich aber doch manches erreichen. Im folgenden will ich nun einige Beispiele anführen, die verhältnismäßig klargestellt sind.

I. *Zusammenleben von Anaëroben und Aëroben.*

Aus dem oben Gesagten geht schon hervor, daß die Symbiosen sich auf Stoffwechselbeziehungen zurückführen lassen. Das gilt im weiteren Sinne auch für das Zusammenleben von anaëroben mit aëroben Bakterien, für das die Sauerstoffverhältnisse im Medium ausschlaggebend sind. Luftscheue Bakterien können in der Natur nur dort aufkommen, wo durch die Atmung von Körperzellen oder sauerstoffzehrenden Organismen geeignete Bedingungen für sie vorhan-

[1]) Vortrag, gehalten am 25. Juli 1919 in der Naturforschenden Gesellschaft zu Halle.

handen sind. Das gilt nicht nur für Tierkadaver, sondern auch für den Faulschlamm der stehenden Gewässer und überhaupt alle fäulnisfähigen Flüssigkeiten. Die aëroben Bakterien, die vielfach in Form einer Haut, aber auch die Flüssigkeit erfüllend den Sauerstoff verzehren, bereiten den anaëroben die geeigneten Bedingungen und verzehren ihrerseits wieder die von jenen gelieferten Stoffe. Vielfach sieht man die Bakterien als bewegliche Schicht, ihrem Sauerstoffbedürfnis entsprechend, in einer ganz bestimmten Entfernung von der Flüssigkeitsoberfläche und kann dann mit Hilfe reduzierbarer Farbstoffe nachweisen, daß unterhalb dieser Schicht kein Sauerstoff vorhanden ist, so daß dort selbst die luftscheuesten Arten gedeihen können. Man sieht also, daß lebhaft atmende Bakterien jede Spur Sauerstoff an sich reißen. Das geht so weit, daß streng anaërobe Formen sogar auf der Oberfläche eines Agarnährbodens in Symbiose mit Aëroben leben können! Der Fränkelsche Gasbrandbazillus konnte z. B. beliebig lange mit Vibrionen oder dem Bacillus faecalis alcaligenes zusammen auf Schrägagar fortgezüchtet werden.

II. *Stufenweise Umwandlung anorganischer Energiequellen.*

Eine eigenartige Gruppe von Bakterien vermag ihre Lebensenergie durch Oxydation von anorganischen Substanzen zu gewinnen. Die betreffenden Stoffe (wie S, H_2S, H, CH_4, Ammoniak, Nitrit usw.) stammen meistens wieder von der Tätigkeit anderer Bakterien her. So entsteht S und H_2S durch die Reduktion von Sulfaten und durch Eiweißfäulnis, die auch NH_3 liefert. H und CH_4 werden bei der Zellulosegärung erzeugt. Daß diese Substanzen sich überhaupt bilden und nicht sofort weiter oxydiert werden, liegt an dem O-Mangel des Mediums. Da sie also noch Energie enthalten, ist auf diese Weise die Möglichkeit gegeben, daß andere Bakterien sich in den Prozeß der Mineralisierung einschalten. Die organische Substanz, die bei diesen „autotrophen Bakterien" nur zum Aufbau des Leibes nötig ist, wird durch Reduktion von CO_2 gewonnen, die gleichfalls der Tätigkeit anderer Bakterien entstammt. Aber auch unter sich stehen die autotrophen Spaltpilze teilweise in symbiontischem Verhältnis. So soll die Oxydation des H nur der vereinten Tätigkeit zweier Bakterienarten möglich sein. Genauer bekannt ist der Umstand, daß NH_3 von einer Art nur bis zu Nitrit, dieses von einer anderen zu Nitrat oxydiert wird, das seinerseits wieder bei Gegenwart organischer Verbindungen durch andere Bakterien als O-Quelle verwendet werden kann, so daß schließlich freier N entsteht.

III. *Zusammenwirken beim Abbau der Kohlehydrate.*

Wir haben schon gehört, daß die in großen Massen in toten Pflanzenteilen zur Verfügung stehende Zellulose durch Bakterien zerstört wird. Je nach den Lebensbedingungen sind dabei verschiedene Arten tätig, die auch verschiedene Produkte liefern. Neben organischen Säuren, hauptsächlich Butter- und Essigsäure, entstehen bei O-Mangel große Gasmengen, bestehend aus CO_2, H und CH_4, bei Gegenwart von Sulfaten auch H_2S, deren Weiterverarbeitung erwähnt worden ist. Die Säuren werden meist an NH_3, Mg oder Ca gebunden und ihre Salze weiter oxydiert. Sind nicht genügend Basen vorhanden, so kann der Prozeß zum Stillstand kommen, aber in der Natur finden sich schließlich doch Organismen ein, die das Hindernis beseitigen, freilich bei stärkerer Säuerung nicht Bakterien, sondern Flagellaten und Pilze. Aber sobald der Säuregrad sich etwas vermindert hat, beginnen auch wieder Spaltpilze ihre Tätigkeit. Auf die beim Abbau der Zellulose entstehenden Stoffe sind die Bakterien angewiesen, die in der Ackererde den Stickstoff der Luft binden und dadurch so sehr zu ihrer Verbesserung beitragen. Ebenfalls in großen Mengen fällt Stärke der Zerstörung durch Mikroorganismen anheim. Bei genügendem Wassergehalt des Mediums treten auch hier an Stelle der sonst tätigen Fadenpilze Bakterien auf. Ist ein Mangel an O vorhanden, so verläuft der Prozeß ähnlich wie die Zellulosegärung, nur sind es andere Spaltpilze, die auch schneller arbeiten. Bei Bac. mazerans entstehen dabei kristallisierbare dextrinähnliche Zucker mit verschieden langen C-Ketten, die natürlich wieder in den Stoffwechsel anderer Arten gerissen werden. Bei O-Gegenwart greifen die Vibrionen ein, die zu den ganz wenigen mit Diastase ausgestatteten Bakterien gehören. Auch sie zerstören aber die Stärke in Reinkulturen nie vollständig zu H_2O und CO_2, sondern es entstehen große Mengen von reduzierendem Zucker, die von anderen Bakterien, z. B. Colibazillen und Proteus, unter Milchsäure- und CO_2-Produktion weiter verarbeitet werden. Auch hier ist durch Wegschaffung der Reaktionsprodukte aus dem Stoffwechsel der ersten Art die Gegenseitigkeit des Zusammenarbeitens gewährleistet. In allen diesen Fällen haben wir also ganze Ketten von bakteriellen Prozessen vor uns.

IV. *Zusammenwirken beim Eiweißabbau.*

Am verwickeltsten und deshalb vorläufig am schwersten zu übersehen ist der Abbau der Eiweißstoffe. In der Natur arbeiten dabei wohl meist aërobe und anaërobe Bakterien zusammen, nachdem unter Umständen schon die zelleigenen Enzyme der Tier- und Pflanzenreste den Anfang gemacht haben. Die Anaëroben greifen das Eiweiß kräftiger an als die Aëroben, vermögen aber gleichwohl nicht es völlig abzubauen. Vielmehr entstehen zunächst durch die Proteolyse Albumosen, Peptone und Aminosäuren, die in Reinkulturen nicht verschwinden. Die Zerlegung der großen Moleküle geht nicht in der Weise vor sich, daß erst eine Stufe erreicht sein muß, bevor der Abbau weiter zur nächsten geht, vielmehr

werden gewisse Aminosäuren, z. B. Tryptophan, verhältnismäßig leicht abgespalten, während das Eiweißmolekül im übrigen noch unangegriffen bleibt. Schließlich greifen dann in der Natur andere Bakterien ein, zunächst sog. peptolytische, dann solche, die die Aminosäuren verbrauchen und den Abbau vollenden, wobei allerdings, wie der Geruch anzeigt, mancherlei Stoffe gasförmig entweichen können.

Versuchen wir das Eiweiß mit Reinkultur abzubauen, so finden wir zwar viele, auch aërobe Arten mit proteolytischen Enzymen ausgestattet, aber nur wenige beherrschen ein größeres Stück der zu durchlaufenden Stufenreihe. Hier ist noch viel zu tun, bis ein klarer Überblick erreicht ist, wobei auch die Natur der betreffenden Eiweißstoffe von großer Bedeutung ist. Bei den älteren Arbeiten hat man noch nicht die heute besser definierten gereinigten Substanzen, Proteine, Polypeptide und Aminosäuren verwendet.

Die Aëroben aus der Gruppe des Heubazillus, z. B. der energisch proteolytische Baz. mesentericus vulgatus, bringen zwar die üblichen Eiweißreaktionen, die Xanthoprotein- und die Biuretreaktion zum Verschwinden, lassen aber Polypeptide und Aminosäuren großenteils unangetastet, so daß in einer durch sie vorbereiteten Lösung andere Bakterien gut zu gedeihen vermögen, z. B. Colibazillen. Sehr deutlich wird das durch die starke Indolreaktion, die man so bekommt. Das Indol bildet der Colibazillus aus dem durch den Mesentericus aus dem Eiweiß freigemachten Tryptophan. Aber auch das käufliche Pepton, das das Tryptophan noch in Bindung enthält, kann vom Colibazillus nicht gespalten werden, denn er bildet daraus nur Spuren von Indol. Sobald man durch geeignete proteolytische Bakterien, z. B. durch den Mesentericus, vorarbeiten läßt, entstehen durch den Colibazillus große Mengen von Indol. Daraus ist zu schließen, daß der Colibazillus keine peptolytischen Fermente enthält, was vielleicht merkwürdig klingt, da er ja mit „Pepton" ernährt zu werden pflegt, was sich aber erklärt durch die Unreinheit der käuflichen Präparate und bestätigt wird durch die bessere Nährwirkung, die das Pepton für Colibakterien bekommt, wenn es durch Trypsin vorverdaut wird.

Die Verwandten des Colibazillus, Typhus-, Paratyphus- und Dysenteriebakterien, besitzen, wie übrigens die meisten pathogenen Keime, keine proteolytischen Enzyme. Das gilt z. B. auch für Pestbazillen, Steptococcen, Gonococcen, Meningococcen, Influenza- und Diphtheriebakterien, während Milzbrand und Staphylococcen ein schwaches, die überhaupt gleich ihren Verwandten enzymreichen Cholerabakterien ein stärkeres Spaltvermögen für Eiweißstoffe besitzen. Alle die erstgenannten Arten können deshalb in Serum und anderen Eiweißlösungen nicht gedeihen, falls nicht durch Symbiose mit Eiweißspaltern für ihre Bedürfnisse gesorgt wird. So kann man das Wachstum von Di-Bakterien, die auf gewöhnlichem Nähragar schlecht wachsen, erheblich verstärken, indem man andere Bakterien neben ihnen wachsen läßt.

Besondere Ansprüche machen aber gewisse sehr spezifisch angepaßte Bakterien, von denen man früher annahm, daß sie Eiweißstoffe ganz bestimmter Herkunft brauchen, so z. B. Gonococcen und Meningococcen das vom Menschen. Man zog daraus sogar den Schluß, daß diese Bakterien erst mit dem Menschen entstanden sein könnten. Es gelang mir nun, die genannten Arten auf Agar, in dem sich Spuren von Hammelblut befanden (Lewinthalagar) mit Symbionten beliebig lange fortzuzüchten, während sie ohne Symbionten höchstens bei der ersten Impfung, wo noch etwas von dem im Ursprungsnährboden enthaltenen menschlichen Eiweiß mit übertragen sein mochte, kümmerlich gediehen. Die Versuchsanstellung war so, daß eine Nadelspitze des Impfmaterials aus einer 1- bis 2-tägigen Kultur mit der Reagenzglaskuppe gut verteilt wurde und dann die symbiontischen Bakterien strich- oder besser punktförmig darauf geimpft wurden. Das Wachstum der Gono- bzw. Meningococcen erfolgte dann nur um die aufgehenden fremden Kolonien herum.

Mit ähnlicher Methode konnten auch die Influenzabakterien, für die ursprünglich angenommen worden ist, daß sie natives Hämoglobin brauchen, auf gewöhnlichem oder noch besser auf einem durch zu langes Kochen für sie sonst ungeeigneten bluthaltigen Agar zusammen mit den verschiedensten fremden Bakterien gezüchtet werden. Die bisher in dieser Richtung vorliegenden Angaben widersprechen sich stark. Mir gelang es, mehrere Millimeter große Kolonien der sonst sehr schwachwüchsigen Influenzabakterien auf diese Weise zu erzielen.

Welche Ernährungsbeziehungen hier vorliegen, muß noch genauer erforscht werden. Man sieht aber schon aus den wenigen angeführten Beispielen, daß Symbioseversuche ein weites Feld für Bakteriologen abgeben, auf dem manche für die biologische Kenntnis der betreffenden Formen wichtige Frucht erzielt werden kann.

Form und Geschwindigkeit.

Ein Beitrag zur allgemeinen Morphologie.

Von Karl Przibram, Wien

I.

Bei der langjährigen Beschäftigung mit den elektrischen Figuren hat sich mir wie so manchem anderen Physiker die weitgehende Analogie zwischen diesen Figuren und anderen Ausbreitungserscheinungen, insbesondere denen der Flüssigkeiten aufgedrängt. Allerdings liefert auch gerade die Geschichte der elektrischen Figuren, die ich in absehbarer Zeit ausführlich behandeln zu können hoffe, Beispiele für die Gefährlichkeit

derartiger Analogien. In der Hand verschiedener Forscher führte ein- und derselbe Vergleich zu entgegengesetzten Resultaten. So schloß *de Luc*[1]) aus dem Aussehen der elektrischen Figuren und dem Vergleich mit Flüssigkeitsbewegungen, daß die Elektrizität am positiven Pole *aus-* und am negativen Pole *ein*ströme, *v. Bezold*[2]) aber auf demselben Wege gerade das Gegenteil.

Derartige, das Prinzip der formalen Analogie als wissenschaftliche Methode kompromittierende Abirrungen scheinen mir aber nicht aus zu weitgehender als vielmehr aus unzureichender Verallgemeinerung zu entspringen. Es handelt sich zunächst nicht darum, zwei spezielle Mechanismen miteinander zu vergleichen, sondern das allen Ausbreitungsvorgängen oder wenigstens einer großen Gruppe von solchen zukommende Gemeinsame herauszuheben, soweit es sich in einer *Form* offenbart. Die konsequente Verfolgung dieses Gesichtspunktes könnte zu einem alle drei Reiche der Natur umfassenden System führen, das als *„allgemeine Morphologie"* zu bezeichnen wäre. Ansätze hierzu finden sich schon hie und da zerstreut vor.

Bekannt ist die weite Verbreitung der *„Kraftlinienfigur"*, die sich nicht nur auf magnetische und elektrische Felder beschränkt, sondern auch aus naheliegenden Gründen in den elektrischen Figuren, dann aber auch in den Strömungsfiguren der Flüssigkeiten, in den Diffusionsfiguren, in den Teilungsfiguren organischer Zellen und dergleichen zu erkennen ist, worauf insbesondere *Leduc*[3]) hingewiesen hat, der ganz allgemein von „dynamischen Zentren" spricht und auf der Suche nach allgemein-morphologischen Richtlinien wohl am weitesten gelangt ist. Die Übereinstimmung in den Formen der angeführten Figuren ist zurückzuführen auf die formale Gleichheit der die entsprechenden statischen bzw. stationären Erscheinungen beschreibenden Gleichungen[4]).

Ich möchte nun auf eine anscheinend nicht weniger allgemeine morphologische Beziehung hinweisen, welche die *Form* mit der *Geschwindigkeit* der Ausbreitung verknüpft, wenn sich auch bisher die zugrundeliegende Analogie noch nicht mathematisch formulieren läßt.

Ein ganz triviales Beispiel möge den Anfang machen. Setzt man einen Tintentropfen vorsichtig auf das Papier, so bildet er einen vollkommen runden Fleck, schleudert man ihn aber heftig aus der Feder, so zerspritzt er und bildet auf dem Papier je nach den Umständen einen Fleck mit zackigem oder gewelltem Rand oder mit mehr oder weniger langen strahligen Ausläufern. Die erhöhte Geschwindigkeit ist hier mit dem Übergang von einer abgerundeten zu einer strahlenförmigen Figur verbunden, und dasselbe läßt sich in einer ganzen Reihe weiterer Fälle nachweisen. In nächster Beziehung zum eben angeführten Beispiel (Spritzfiguren) stehen die Momentaufnahmen auffallender Tropfen von *Worthington*[1]), die deutlich das stärkere Verspritzen bei vergrößerter Fallhöhe (höherer Geschwindigkeit) zeigen. Hierher gehören auch die Figuren, die *Decharme*[2]) beim Auffallen von Tropfen oder Flüssigkeitsstrahlen auf mit Mennig bestreute Glasplatten erhielt, und die er mit den elektrischen Figuren vergleicht. Nach seinen Angaben bilden sich bei geringer Fallhöhe hauptsächlich konzentrische Ringe, bei größerer Fallhöhe strahlige Figuren.

Sehr schön äußert sich die Beziehung zwischen Form und Geschwindigkeit bei den *„Abreißfiguren"*, die *R. Arpi*[3]) experimentell untersucht und mit den metallographischen Dendriten und den elektrischen Figuren verglichen hat. Wird zwischen zwei Glasplatten eine zähe Flüssigkeit gebracht und trennt man dann rasch die beiden Platten, so bildet die Flüssigkeit Dendriten, die, wie *Arpi* gefunden hat, um so feiner verästelt sind, je rascher die Trennung erfolgt. Beim langsamen Trennen bilden sich nur gerade oder schwach gewellte Begrenzungen. Die Ähnlichkeit dieser langsam gebildeten Begrenzungen (Fig. 4) mit den Umrissen einer negativen elektrischen Figur (Fig. 2) und der rasch gebildeten (Fig. 3) mit denen einer positiven (Fig. 1) ist sehr auffallend.

Der Verfasser[4]) hatte schon vor längerer Zeit geschlossen, daß die positiven elektrischen Figuren sich rascher ausbreiten als die negativen. Vor kurzem ist *P. O. Pedersen*[5]) ein direkter Nachweis hierfür und die Messung der Ausbreitungsgeschwindigkeit gelungen. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der positiven Figuren ergab sich 2- bis 4-mal so groß als die der negativen. Es zeigt sich also auch hier, daß einer langsameren Ausbreitung eine mehr abgerundete Form (negative Figur), einer rascheren eine mehr strahlige, verästelte Form (positive Figur) entspricht.

Wie erwähnt, hat *Arpi* schon auf die Formähnlichkeit verschiedener dendritischer Bildungen hingewiesen und insbesondere die kristallinischen Dendriten der Metallstruktur in Betracht gezogen. Es gilt nun auch für die Kristallisation jene Beziehung zwischen Form und Geschwindigkeit. Es ist ja bekannt, daß die Ausbildung regelmäßiger Kristalle (Fig. 6) von gedrungener Form bei stark beschleunigtem Wachstum (raschem Verdampfen des Lösungsmittels, raschem Erstarren) in Skelett- und Dendritenbildung (Fig. 5) übergeht. Vergrößerte Geschwindigkeit ist also auch

[1]) Neue Ideen über die Meteorologie, deutsche Übersetzung, Berlin-Leipzig 1797, § 505.
[2]) Pogg. Ann. *144*, 337—363, 526—550, 1871.
[3]) Biologie synthétique, Paris 1912.
[4]) Vergl. *E. Mach*, „Die Vergleichung als wissenschaftliches Prinzip" in den „Prinzipien der Wärmelehre".

[1]) Vergl. etwa die Abbildungen in *O. Lehmanns* „Molekularphysik".
[2]) Ann. d. chim. et phys. (5) *28*, 203, 1883.
[3]) Ark. f. Mat., Astr. o. Fys. 8, Nr. 14, 1—11, 1912.
[4]) Wiener Ber. *108*, 1161—1171, 1899.
[5]) Dansk. Vidensk. Selsk. Math. fys. Medd. I, 11. 1—76, 1919.

hier, wo die Verhältnisse durch das Hinzutreten der formbildenden Kristallisationskräfte kompliziert werden, mit einer Streckung, Verfeinerung und Verästelung der Formen verbunden.

Das Gemeinsame in diesen im einzelnen so verschiedenen Ausbreitungsmechanismen ist wohl darin zu erblicken, daß die einmal in einer Richtung in Gang gekommene Ausbreitung die weitere Ausbreitung in dieser Richtung begünstigt. Dies gilt für die Ausbreitug einer trägen Flüssigkeit sowie infolge der eigentümlichen Deformation des elektrischen Feldes für die elektrischen Figuren[1]); aber auch die Skelettbildung der Kristalle erklärt sich nach *O. Lehmann*[2]) aus der

Größere Geschwindigkeit: Kleinere Geschwindigkeit:

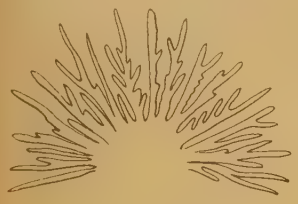


Fig. 1. Positive elektrische Staubfigur.

Fig. 2. Negative

Fig. 3.

Fig. 4.

Abreißfigur nach *Arpi* bei größerer, bei kleinerer Abreißgeschwindigkeit.

Fig. 5. Kristallinischer Dendrit in der Struktur des Gußeisens, nach *Arpi*.

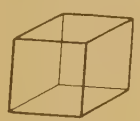


Fig. 6. Regelmäßiger Kristall.

Begünstigung des weiteren Wachstums an einer einmal gebildeten Spitze infolge der veränderten Diffusionsverhältnisse. Die Begünstigung der einmal eingeschlagenen Bahnen, also die Bildung strahliger, verästelter Formen, wird um so auffallender in Erscheinung treten, je rascher die Ausbreitung längs dieser Bahnen erfolgt, denn um so weniger leicht wird es zur Ausbildung weiterer benachbarter Bahnen kommen, und zwar insbesondere dann, wenn die Widerstände gegen die Bildung solcher neuer Bahnen groß sind — und hierin zeigt sich eine weitere Übereinstimmung der angeführten Beispiele: die elektrischen Figuren bleiben um so mehr auf einzelne Äste beschränkt, je größer die elektrische Festigkeit des Mediums ist, in dem sie gebildet werden; so erhält man in schlechtleitenden Flüssigkeiten nur Figuren von wenigen dünnen geschlängelten Linien und keine Scheibenfiguren wie die negativen Figuren in Luft. Die Abreißfiguren sind nach *Arpi* um so feiner, je zäher die benützte Flüssigkeit ist, und auch die Kristallskelettbildung wird nach *O. Lehmann* begünstigt durch vergrößerte Zähigkeit des Lösungsmittels (Gelatine).

Es gibt noch eine Reihe physikalischer Ausbreitungserscheinungen, auf welche diese Betrachtung anzuwenden wäre. *Tomlinson*[1]) hat ziemlich eingehend die Figuren beschrieben, die bei der Ausbreitung einer Flüssigkeit auf der Oberfläche einer anderen entstehen; da er aber keine Angaben über die Ausbreitungsgeschwindigkeit macht und überdies der Vorgang durch geringe Verunreinigungen stark beeinflußt wird, lassen sich seine Resultate hier nicht ohne weiteres verwerten. Fraglich muß es ferner erscheinen, ob die Beziehung zwischen Form und Geschwindigkeit auch für die Sickerungsdendriten gilt, wie sie sich in manchen Gesteinsarten bilden, da hier die Figur eigentlich durch die Verteilung der Poren schon mehr oder weniger vorgegeben ist. Versuche über das Eindringen von Flüssigkeiten in poröse Materialien unter verschiedenen Drucken könnten hier Aufschluß geben.

Ein Beispiel, das mit jener Beziehung im Widerspruch zu stehen scheint, sei noch erörtert: Bekanntlich wird eine Glasscheibe durch einen mit geringer Geschwindigkeit geworfenen Stein durch zahlreiche radiale Sprünge zertrümmert, durch ein rasch fliegendes Projektil in einem runden Loche glatt durchschlagen, während nach der hier erörterten Beziehung, wenn wir das Sprungsystem im Glase als Ausbreitungsfigur auffassen, gerade das Gegenteil zu erwarten wäre. Der Widerspruch ist aber nur ein scheinbarer und rührt daher, daß beim rasch fliegenden Projektil die Zeit zu kurz ist, als das sich die Ausbreitungsfigur voll entwickeln könnte, da mit vollendetem Durchschlag die Druckwirkung aufhört. Dies entspricht ganz dem Verhalten der elektrischen Figuren, wenn durch Überspringen eines Funkens von einer Elektrode zur anderen, etwa infolge eines Durchschlagens der Isolatorplatte, die Ausbreitung der Büschel vorzeitig abgebrochen wird. Trotz gesteigerter Spannung (Geschwindigkeit) werden dann die Figuren kleiner, weil bei erfolgter Funkenentladung die Veranlassung zu weiterem Wachstum entfällt (vollständige Entladung der Elektrode). Als vollkommene Analogie zu den

[1]) Vgl. *M. Toepler*, Phys. Zt., Bd. *8*, S. 743—748, 1907.

[2]) Molekularphysik, Bd. *1*, S. 326 u. f.

[1]) Phil. Mag. (4) *22*, 249—261, 1861; *23*, 186—195, 1862; *27*, 425—432, 1864; *28*, 354—364, 1864.

früher besprochenen Fällen kann die ebenfalls bekannte Tatsache angeführt werden, daß eine Asphalt- oder Pechplatte unter einem raschen Schlag zersplittert, während sie unter einem langsam angewendeten Druck eine Kugel ohne zu zerspringen in sich eindringen läßt. Man vergleiche hiermit die von *Holtz*[1]) und von *Reitlinger*[2]) gemachte Beobachtung, daß die positive Lichtenbergsche Staubfigur, die bei Verwendung einer gut leitenden Elektrode die bekannte strahlig-verästelte Form aufweist, bei Verwendung eines Halbleiters (Holzstab) als Elektrode, also bei Verzögerung des Elektrizitätszuflusses sich der negativen abgerundeten, strahlenlosen Form von geringerer Ausdehnung nähert.

II.

Bei der weitgehenden Analogie zwischen Kristallen und Lebewesen[3]) war es a priori nicht unwahrscheinlich, daß der hier erörterte, für erstere gültige Zusammenhang von Form und Geschwindigkeit auch bei letzteren nachweisbar wäre. Ich verdanke den Herren *L. Portheim* und *H. Przibram* den Hinweis auf die folgenden Beispiele, die sich wohl vermehren lassen, aber jetzt schon für den Nachweis genügen dürften, daß jenes Prinzip recht weitreichende Gültigkeit beanspruchen darf.

Bei der Aufsuchung hierhergehöriger Beispiele hat man Beobachtungen und Versuche heranzuziehen, bei denen Individuen derselben Art (oder verwandter Arten) sich mit verschiedener Geschwindigkeit entwickeln. So wird bekanntlich beim Ziehen von zahlreichen Pflanzenarten im Dunkeln das Wachstum der Stengel im Vergleich mit im Licht gezogenen Exemplaren stark beschleunigt. Solche „etiolierte" Pflanzen liefern gleich ein Beispiel für jenes Prinzip: Während im Licht die Pflanzen einen gedrungenen Bau mit breit entwickeltem Flächenwachstum der Blätter zeigen, sind die im Dunkeln gezogenen überaus langgestreckt und die Flächenausdehnung der verkümmerten Blätter tritt ganz gegen das Längenwachstum der Stiele zurück. So sagt z. B. *L. Jost*[4]): „Vergleichen wir nun eine etiolierte Dalia variabilis mit einer am Licht gezogenen, so finden wir bei ersterer die Internodien und auch die Blattstiele übermäßig verlängert, die Blattspreite dagegen klein und unentwickelt." „Aber selbst bei sogenannten Rosettenpflanzen wie Sempervivum kann (*Wiesner* 1891, *Brenner* 1900) das Etiolement in Verkleinerung der Blätter und Streckung der sonst gestauchten Internodien, also in einer Auflösung der Blattrosette bestehen." Eine ganz ähnliche Wirkung hat hier erhöhte Feuchtigkeit. Viele Monokotyle, bei denen die Stengel im Wachstum hinter den Blättern zurückzutreten pflegen, „bilden im Licht wie im Dunkeln ungefähr gleich lange Sprosse, dagegen erfahren die Blätter durch andauernde Tätigkeit ihres basalen Vegetationspunktes eine bedeutende Überverlängerung, bleiben aber im allgemeinen schmäler als am Licht"; also auch hier eine Streckung der ganzen Form! Auch bei manchen Pilzen (Coprinus) besteht das Etiolement in einer starken Verlängerung der Stiele und Verkleinerung der Hüte, die bis zum vollständigen Fehlen der letzteren gehen kann. Ähnlich wie Dunkelheit wirkt Temperaturerhöhung, die ganz allgemein — bis zu einem Optimum — die Wachstumsgeschwindigkeit steigert.

Ein schönes Beispiel dafür, wie günstige Wachstumsbedingungen zu einer reicher gegliederten Form führen, bietet das Farn Polypodium vulgare, das in zwei Formen auftritt: bei der normalen Form (Fig. 8) sind die Blätter im Umriß lanzettförmig und einfach tief-fiederspaltig, bei der zweiten Form (Fig. 7) sind sie viel feiner gegliedert und mehrfach verästelt. Wird letztere Form in einen trockenen, sterilen Boden an einen ungeschützten Standort gebracht, so tritt die normale Blattform wieder auf (*Goebel*[1])). Es hat also auch hier eine Verzögerung des Wachstums eine Vereinfachung der Form zur Folge.

Größere Geschwindigkeit: Kleinere Geschwindigkeit:

Fig. 7.
Polypodium vulgare, nach *Goebel*.
Form trichomanoides.

Fig. 8.
Normalform.

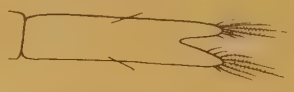


Fig. 9.

Fig. 10.
Schwanzende von Artemia salina, nach *Schmankewitsch*, in verdünnter Salzlösung, in konzentrierter Salzlösung.

Zwei verschiedene Blattformen an ein und derselben Pflanze treten auch bei den amphibischen Pflanzen auf; die unter Wasser wachsenden Blätter sind meist viel feiner zerteilt als die über Wasser wachsenden, z. B. bei Ranunculus aquatilis. Leider fehlen hier Angaben über die Wachstumsgeschwindigkeit. Hier ist ein Beispiel, an dem unser morphologisches Prinzip zeigen kann, ob es heuristisch von Nutzen ist oder ob es sich beträchtliche Einschränkungen seines Gültigkeitsbereiches gefallen lassen muß. Das Prinzip läßt erwarten, daß die Wasserblätter rascher wachsen als die Luftblätter; der Versuch muß für oder wider entscheiden.

[1]) Wied. Ann. *11*, 716—719, 1880.
[2]) Wien. Ber. *83*, 677—696, 1881.
[3]) Vgl. *H. Przibram*, Arch. f. Entw.-Mech., Bd. 22, S. 207, 1906.
[4]) Pflanzenphysiologie 1904, S. 370 u. f.
[1]) Experimentelle Morphologie der Pflanzen, 1908, S. 67.

Gehen wir nun zu den Tieren über, so finden wir eine dem „Wärmeetiolement" der Pflanzen ähnliche Erscheinung an den bei hoher Temperatur (rascheres Wachstum) gezogenen Ratten und Mäusen: sie zeigen einen gestreckteren Bau mit längeren Gliedmaßen und Schwänzen, wie auch allgemein südlichere Rassen von Tieren durch längere Extremitäten ausgezeichnet sein sollen[1]).

Wo. Ostwald[2]) beobachtete an einer Krebsart, Hyalodaphnia, die Umwandlung des breiten, kurzen Kopfhelmes in einen langen spitzen durch Temperaturerhöhung (Wachstumsbeschleunigung). *W. J. Schmankewitsch*[3]) hat an einer anderen Krebsart (Artemia salina) eine Beschleunigung des Wachstums und damit Hand in Hand gehend eine zunehmende Entwicklung der spitzen Schwanzlappen und ihrer End- und Seitenborsten mit abnehmender Konzentration des Salzwassers beobachtet (Fig. 10, 9).

Mit der erhöhten Wachstumsgeschwindigkeit bei der Regeneration könnte die Beobachtung *C. Paronas*[4]) in Zusammenhang gebracht werden, daß die in normaler Weise einfach zapfenförmigen Rückenanhänge der Schnecke Tethys leporina nach erfolgter Autotomie in gespaltener bis mehrfach verästelter Form regenerieren, der einzige Fall einer Mehrfachbildung bei Regeneration, bei dem nicht auf Bruch und Auswachsen der Bruchflächen geschlossen werden kann.

Als weitere Fälle, die vielleicht dem hier dargelegten Prinzipe untergeordnet werden könnten, seien noch angeführt: die Ausbildung langer horn- und geweihartiger Auswüchse bei tropischen Insekten, die oft bizarren Formen der rasch wachsenden Federn im Hochzeitskleide vieler Vögel, die Tatsache, daß die Hirschgeweihe mit ihren charakteristischen verästelten Formen zu den am raschesten wachsenden Gebilden des Säugetierkörpers gehören, wobei noch darauf zu verweisen ist, daß das einzige echte Horn, das wie ein Geweih jährlich abgeworfen wird und daher rasch wachsen muß, nämlich das des Gabelbockes, eine Verzweigung aufweist, u. a. m.

Nicht dem Prinzip zu fügen scheinen sich die Beobachtungen über die Temperaturbeeinflussung der Gestalt der Schmetterlingsflügel: während der Schwalbenschwanz in der Kälte gezogen, wie das Prinzip erwarten läßt, eine Verkürzung des Hinterflügelschwanzes zeigt, bewirkt Erwärmung wie Abkühlung beim Segelfalter eine Verlängerung der Schwänze[5]). Es wäre noch zu untersuchen, ob hier und in ähnlichen Fällen das Prinzip überhaupt versagt oder nur durch gleichzeitig wirkende Spezialursachen durchkreuzt wird.

Zweck dieser Zeilen ist mehr der Hinweis auf die Möglichkeit eines allgemeineren Gesichtspunktes in vielen morphologischen Fragen, als die Bestimmung der Gültigkeitsgrenzen des dargelegten Prinzipes.

Zusammenfassung: Bei einer Reihe von physikalischen Ausbreitungserscheinungen (Spritz- und Abreißfiguren der Flüssigkeiten, elektrische Figuren, Skelettbildung bei der Kristallisation) besteht eine Beziehung zwischen Form und Ausbreitungsgeschwindigkeit derart, daß einer größeren Geschwindigkeit eine mehr gestreckte, strahlige und verästelte Form, einer kleineren Geschwindigkeit eine gedrungenere, abgerundete, weniger zerteilte Form entspricht. Dieses morphologische Prinzip scheint auch bei manchen Wachstumserscheinungen in der organischen Natur zu gelten: Etiolement der Pflanzen, die zwei Blattformen von Polypodium, „Hitzeratten und -mäuse", Beobachtungen an Hyalodaphnia, Artemia und Tethys, Hirschgeweih usw.

[1]) *H. Przibram,* Experimentalzoologie 1910, Bd. *3,* S. 207.

[2]) Arch. f. Entw.-Mech. *18,* 415—451, 1904.

[3]) Vergl. *H. Przibram,* Experimentalzoologie, Bd. *3,* S. 153.

[4]) L'autotomia etc. nella Tethys leporina. Genua 1891.

[5]) Exp. Zool. Bd. *3,* S. 173, 174.

Über Modellregeln und Dimensionsbetrachtungen.

Von Ludwig Hopf, Aachen.

(Schluß.)

2. Dimensionsbetrachtungen in der Physik.

Die Dimensionsbetrachtungen setzen uns also instand, aus einem empirisch gegebenen Zusammenhang zwischen 2 Größen den Zusammenhang zwischen anderen Größen zu erschließen, auch dort, wo der numerische Zusammenhang, die volle Formel für das Gesetz nicht oder wenigstens nicht mit einfachen Mitteln zu erhalten ist. Diese Fruchtbarkeit bewährt sich auf allen Gebieten der Physik; wir wollen zuerst an den Fall anknüpfen, an welchem wir uns die Aufstellung der Modellregel deutlich gemacht haben. Es sei empirisch gefunden, daß bei ganz kleinen Dimensionen des Versuchskörpers der *Widerstand K proportional der Geschwindigkeit v gehe,* also $\zeta \sim \frac{1}{v}$ sei. Daraus folgt, daß $\zeta \sim \frac{1}{R}$ sein muß, daß also das Gesetz auf jeden Fall die Form haben muß

$$K = \text{const}\ \frac{\mu}{\varrho\, v\, l}\, \varrho\, l^2 v^2 = \text{const} \cdot \mu\, v\, l. \quad . \quad . \quad (4$$

Wir folgern also ohne jede Rechnung, daß die *Kraft* auch proportional dem Reibungskoeffizienten ist, ferner, daß sie nicht der dem Wind gebotenen Fläche, sondern der Wurzel daraus oder irgend einer anderen Länge proportional ist, ferner daß sie von der Dichte des Mediums ganz unabhängig ist. Dagegen gibt es natürlich keine Möglichkeit, über die *Konstante* etwas anderes auszusagen, als was der Versuch ergeben hat.

Wenden wir uns nun anderen Gebieten der Physik zu und wählen einige Beispiele einfacher Dimensionsgesetze aus! Dabei bedienen wir uns nun aber des physikalischen Maßsystems. Schon in der elementaren Mechanik sind solche Beispiele

zu finden; so sagen uns die mechanischen Grundprinzipien, daß die *Zentrifugalbeschleunigung* b eines Körpers auf gekrümmter Bahn von den Abmessungen und sonstigen Eigenschaften des Körpers nicht beeinflußt wird, sondern *nur* vom Krümmungsradius r der Bahn und von der Geschwindigkeit v des Körpers abhängen kann; daraus folgern wir sofort, daß das Gesetz die Form haben muß:

$$b = \text{const}\,\frac{v^2}{r} = \left[\frac{\text{cm}^2}{\text{s}^2} : \text{cm}\right] = \left[\frac{\text{cm}}{\text{s}^2}\right] \quad . \quad . \quad . \quad (5$$

Denn die Größen v und r können nur in *dieser* Weise so zusammentreten, daß die Dimension einer Beschleunigung herauskommt. Daß freilich die hier auftretende Konstante $= 1$ ist, kann unsere Betrachtung nicht ergeben; dazu bedarf es einer Durchrechnung mit den mechanischen Gleichungen.

Ebenso einfach können wir einsehen, daß die Schwingungsdauer des mathematischen *Pendels*, die *nur* von der Schwerebeschleunigung g und der Länge l des Pendels abhängen kann, das Gesetz

$$\tau = \text{const}\sqrt{\frac{l}{g}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6$$

befolgen muß.

Vielfach anwendbar sind Dimensionsbetrachtungen in der *Thermodynamik* und der *Molekulartheorie*. Dabei kann die Temperatur in Verbindung mit dem mechanischen Wärmeäquivalent als Energiemaß bzw. als mittlere Energie eines Freiheitsgrades (Θ) auftreten oder als eine in Grad anzugebende Maßzahl (T). In der Zustandsgleichung tritt sie als Energiemaß auf und steht in Beziehung zum Druck p und zum spezifischen Volumen v. Nun nehmen wir an, daß von individuellen Eigenschaften der Materie nur das Molekulargewicht m ins Spiel kommt; dann kann das Gesetz keine andere Form haben als die *Zustandsgleichung der idealen Gase:*

$$\Theta = \left[\frac{\text{g cm}^2}{\text{s}^2}\right] = \text{const} \cdot p\,v\,m = \left[\frac{g}{\text{s}^2\,\text{cm}} \cdot \frac{\text{cm}^3}{\text{g}} \cdot g\right]. \quad (7$$

Der eigentliche Inhalt der idealen Gasgleichung liegt einesteils in dieser Aussage, daß die individuellen Eigenschaften nicht hervortreten, anderenteils in der Zahlenangabe der Konstanten, die natürlich empirisch bestimmt werden muß und in der kinetischen Theorie die Molekulargeschwindigkeit zu bestimmen gestattet.

Natürlich dient eine solche Betrachtung mehr zur Klarmachung bekannter Zusammenhänge als zur Auffindung; denn a priori kann man freilich nicht wissen, daß solche Systeme mit der einen individuellen Konstante in der Natur vorkommen; aber wenn sie vorkommen, so müssen die das gefundene Gesetz befolgen.

Auch den Inhalt des *Gesetzes der übereinstimmenden Zustände* können wir uns mit Hilfe der Dimensionsbetrachtungen schön vorstellen[1]). In der van der Waalschen Gleichung treten außer dem Molekulargewicht, das wir schon in der idealen Gasgleichung vorfanden, noch 2 individuelle Materialkonstanten auf, die räumliche Größe der Moleküle und die zwischen den Molekülen wirkende Zentralkraft. Sehen wir von allen speziellen Annahmen ab und halten wir fest, daß die Materie durch 3 individuelle Konstanten charakterisiert werden soll, so müssen alle Eigenschaften eines solchen unidealen Gases sich durch diese 3 Parameter ausdrücken. Es ist also ganz gleichgültig, ob das Gas durch Molekulargewicht, Molekulargröße und Molekularkraft oder durch 3 andere Konstanten charakterisiert wird, solange diese nur voneinander unabhängig sind. Solche 3 Konstanten sind aber die 3 kritischen Daten Θ_0, p_0 und v_0. Diese fügen sich mit den Variabeln Θ, p und v nur in *einer* Weise zu dimensionslosen Größen zusammen, nämlich als die Verhältnisse $\frac{\Theta}{\Theta_0}, \frac{p}{p_0}, \frac{v}{v_0}$. Diese Erkenntnis genügt nun zur Einsicht, daß die Zustandsgleichung *in keiner anderen Form* erscheinen kann als

$$f\left(\frac{\Theta}{\Theta_0}, \frac{p}{p_0}, \frac{v}{v_0}\right) = 0, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8$$

und dies ist das Gesetz der übereinstimmenden Zustände. Soweit es erfüllt ist, ist bewiesen, daß wirklich nur 3 individuelle Konstanten eine Rolle spielen; wo es verletzt ist, müssen noch andere Parameter wirksam sein.

Um zu zeigen, daß Dimensionsbetrachtungen nicht auf die 3 Dimensionen g, cm, s eingeschränkt sind, betrachten wir nun ein Beispiel, in welchem die Temperatur als Maßzahl in Grad vorkommt, nämlich den *Wärmeübergang von der Wand auf eine strömende Flüssigkeit*, z. B. in einem Kühler. Die Wärme wird durch Konvektion weggeführt; mit dieser Konvektion, der Durchwirbelung der Flüssigkeit von der Wand aus, hängt aber auch die Kraft zusammen, welche von der Flüssigkeit auf die Flächeneinheit der Wand übertragen wird, also der Strömungswiderstand W. Die Wärmemenge Q, welche von der Flächeneinheit der Wand in der Sekunde an die Flüssigkeit abgegeben wird, wenn diese gegen die Wand eine Temperaturdifferenz von 1 ° aufweist, hat die Dimension

$$\left[\frac{\text{g cm}^2}{\text{s}^2} \cdot \frac{1}{\text{cm}^2} \cdot \frac{1}{\text{s}} \cdot \frac{1}{\text{Grad}}\right].$$

Diese soll in Zusammenhang gebracht werden mit dem Widerstand W von der Dimension

$$\left[\frac{\text{g cm}}{\text{s}^2} \cdot \frac{1}{\text{cm}^2}\right],$$

der spezifischen Wärme der Flüssigkeit C, d. i. der Wärmemenge, welche die Masseneinheit bei 1 ° Temperaturerhöhung aufnimmt, von der Dimension

$$\left[\frac{\text{g cm}^2}{\text{s}^2} \cdot \frac{1}{g} \cdot \frac{1}{\text{Grad}}\right],$$

der Strömungsgeschwindigkeit v von der Dimension

$$\left[\frac{\text{cm}}{\text{s}}\right]$$

[1]) *Meslin*, Comptes rendus *116* (1893. I.), p. 135.

und der Dichte ϱ der Flüssigkeit von der Dimension

$$\left[\frac{g}{cm^3}\right]$$

Wenn, wie man erwarten kann, keine andere physikalische Größe von Einfluß ist, kann die Beziehung nur lauten:

$$Q = \text{const}\frac{CW}{v}. \quad \ldots\ldots\ldots (9$$

Diese Gleichung setzt voraus, daß derselbe physikalische Vorgang Wärmeübertragung und Widerstand verursacht, so daß der spezielle Mechanismus aus der Schlußgleichung herausfällt. Solche Vorgänge sind bei turbulenter Strömung die Wirbelablösung und Konvektion, bei laminarer Strömung von Gasen die Zusammenstöße der Moleküle. Die Beziehung (9) ist von *Nusselt*[1]) experimentell gefunden und von *Prandtl*[2]) theoretisch studiert worden.

Nun zu einem Fall, wo der Zusammenhang durch Dimensionsbeziehungen qualitativ geklärt war, ehe man das wirkliche Gesetz kannte, nämlich die *Verbindung der spezifischen Wärme und elastischer Eigenschaften.* Die Theorie dieser Zusammenhänge ist von *Debye* und von *Born* und von *Kármán* sehr tiefgehend geklärt worden; schon vorher hat *Einstein*[3]) eine solche Beziehung zwischen der in seiner primitiven Theorie der spezifischen Wärme auftretenden Eigenschwingungszahl ν und elastischen Eigenschaften konstatiert; die Eigenschwingung eines festen Körpers kann nach dieser Überlegung abhängen von der Masse m des Atoms, dem Abstand d der Atome und elastischen Eigenschaften. Hier führt *Einstein* die weitere Hypothese ein, daß nur eine einzige elastische Materialkonstante maßgebend sein soll und wählt als solche die Kompressibilität $\varkappa$; diese hat die Dimension eines reziproken Druckes $\left[\frac{cm\,s^2}{g}\right]$.

Die gesuchte Beziehung kann daher nur die Form haben:

$$\nu = \text{const}\sqrt{\frac{d}{m\,\varkappa}}. \quad \ldots\ldots (10$$

Anstatt der Kompressibilität kann man aber auch eine andere das elastische Verhalten charakterisierende Konstante einführen, z. B. die kinetische Molekularenergie, welche die elastische Bindung der Moleküle gerade überwindet; dies ist die Schmelztemperatur Θ_s, eine Größe von der Dimension $\left[\frac{g\,cm^2}{s^2}\right]$.

Die Dimensionsbetrachtung führt dann zu der Beziehung

$$\nu = \text{const}\sqrt{\frac{\Theta_s}{m\,d^2}}, \quad \ldots\ldots (11$$

welche *Lindemann* aus mechanischen Ansätzen hergeleitet hat. Die beiden Gleichungen stimmen qualitativ mit der Erfahrung überein; die genaue Grundlegung der Theorie hat die Rechnung mit einer Eigenschwingung ν und mit einer einzigen Elastizitätskonstanten verlassen und ein verfeinertes Bild des tiefliegenden Zusammenhanges hergestellt, das mit Dimensionsbetrachtungen nicht mehr zu erfassen ist.

Tiefere Erkenntnis kann uns die Dimensionsbetrachtung auch eröffnen, wenn wir sie auf die *Strahlungsformel* anwenden. Die Energiedichte u der Strahlung bei einer bestimmten Frequenz ν stellt sich als Folge des statistischen Gleichgewichts zwischen den elektromagnetischen Vorgängen im Strahlungsfeld und den Wärmebewegungen in der Materie her. Sie kann also nur von der Frequenz ν und von den allgemeinsten Konstanten der Elektrodynamik und der kinetischen Molekulartheorie abhängen. Nimmt man an, daß die elektromagnetischen Vorgänge nur durch die Maxwellschen Feldgleichungen im Äther dargestellt sind, so kann durch sie nur die Lichtgeschwindigkeit c ins Spiel kommen, durch die Molekulartheorie, wenn die Grundelemente der statistischen Mechanik richtig sind, nur die mittlere Energie eines Freiheitsgrades Θ (Temperatur). Da u der Dimension nach eine Energie geteilt durch einen Raum und eine Schwingungszahl, also $\left[\frac{g\,cm^2 \cdot s}{s^2 \cdot cm^3}\right]$ ist, so kann das Gesetz nicht anders lauten als

$$u = \text{const} \cdot \frac{\nu^2\,\Theta}{c^3}. \quad \ldots\ldots (12$$

Bekanntlich gilt diese Beziehung auch für kleine Schwingungszahlen und kleine Temperaturen, aber nicht allgemein. Und daraus folgt unmittelbar, daß entweder die Maxwellschen Gleichungen oder die Elemente der statistischen Mechanik keine restlose Darstellung ihres Gebietes sein können, sondern daß eine weitere Größe vorhanden sein muß, welche in die Strahlungsformel noch eingehen kann; dies kann keine Zustandsvariable sein; daher kann es sich nur um eine Konstante von großer Universalität handeln.

Noch besser kann die Dimensionsbetrachtung auf einem weniger direkten Weg dies Gebiet erhellen: Die Theorie der Wärmestrahlung beruht auf der Anwendung der Thermodynamik oder der statistischen Wärmetheorie auf die elektromagnetischen Vorgänge. Das erste Grundgesetz dieser Theorie, das Stefan-Boltzmannsche Gesetz, kommt heraus, wenn man aus der Elektrodynamik nur das Gesetz des Strahlungsdruckes übernimmt und bedenkt, daß die Energiedichte u im Raum nur von der Temperatur, von keiner anderen Zustandsgröße abhängen kann; dies letztere ist der wesentliche Unterschied dieses elektromagnetischen Systems von dem materiellen System der idealen Gase, bei welchem die Energiedichte bekanntlich von 2 Zustandsgrößen abhängt. Beim idealen Gase kann man daher die Energiedichte durch eine Dimensionsbetrachtung,

[1]) *Nusselt*, Ztschr. d. Ver. d. Ing. 1909, S. 1750.
[2]) *Prandtl*, Phys. Ztschr. *11* (1910), S. 1072.
[3]) *Einstein*, Ann. der Physik Bd. *35* (1911), S. 686.

wie sie oben ausgeführt wurde, erschließen. Will man bei der Strahlung nur mit den beiden Größen Θ und Lichtgeschwindigkeit c operieren, so zeigt die Dimensionsbetrachtung, daß aus diesen beiden in keiner Weise eine Größe von der Dimension einer Energiedichte zusammengesetzt werden kann. Daraus folgt schon, daß der Begriff der Temperatur nicht genügen kann, um ein elektromagnetisches System, welches nur durch die Maxwellschen Gleichungen, also nur durch die eine universelle Konstante c charakterisiert ist, thermodynamisch zu beschreiben. Wendet man die thermodynamischen Hauptsätze darauf an, so folgt das Stefan-Boltzmannsche Gesetz

$$u = a\,\Theta^4. \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (13$$

Da $u = \int_0^\infty \mathfrak{u}\, d\nu$, steht dies tatsächlich nicht im Einklang mit der Formel (12), welche unter den erwähnten Bedingungen herauskommen muß. Da es aber der Erfahrung entspricht, können wir uns von ihm mit Hilfe von Dimensionsbetrachtungen weiter leiten lassen. Das Gesetz fordert das Vorhandensein einer universellen Konstanten von der Dimension

$$\left[\frac{u}{\Theta^4}\right],$$

also dem Reziproken der 3. Potenz einer Energie E mal einer Länge $[E^{-3}\ \mathrm{cm}^{-3}]$ oder in CGS-Einheiten $[\mathrm{g}^{-3}\ \mathrm{cm}^{-9}\ \mathrm{s}^6]$.

Aus dieser Erkenntnis folgt aber sofort eine Beziehung für die Größe u; wenn im Strahlungsgesetz außer den in (12) vorkommenden Größen noch die Größe a aus (13) vorkommen kann, so kann die Konstante in (12) nur von der dimensionslosen Zahl abhängen, die man aus a, c, Θ und ν bilden kann. Diese Zahl ist $\frac{\Theta\, a^{\frac{1}{3}}\, c}{\nu}$; die Formel (12) ist also zu erweitern zu:

$$\mathfrak{u} = \mathrm{const}\,\frac{\nu^2\,\Theta}{c^3}\, f\left(\frac{\Theta\, a^{\frac{1}{3}}\, c}{\nu}\right) \qquad \ldots\ldots \quad (14$$

Dies ist aber gerade das Wiensche Verschiebungsgesetz, welches so als Folge des Stefan-Boltzmannschen Gesetzes und einer Dimensionsbetrachtung erscheint.

Über die Natur der Konstanten a folgt natürlich aus unseren Betrachtungen nichts; wir können nicht einmal entscheiden, ob wir von der Elektrodynamik oder von der statistischen Wärmetheorie die Einführung dieser Konstanten verlangen müssen. Die Konstante a ist nichts anderes als eine Funktion des Planckschen Wirkungsquantums h und der Lichtgeschwindigkeit c; es ist nämlich $a = \frac{\mathrm{const}}{h^3 c^3}$. *Wichtig ist, daß nur die Einführung einer Konstanten von dieser Dimension* — natürlich bis auf Potenzen der Lichtgeschwindigkeit, die immer hinzutreten können — *die Möglichkeit bietet, thermodynamische Betrachtungen auf elektromagnetische Systeme anzuwenden.*

Die letzten Überlegungen berühren sich mit denen von *Tolman*[1]); dieser geht von der Existenz der universellen Lichtgeschwindigkeit c und der *universellen Ladung e des Elektrons* aus und gelangt durch eine Art Dimensionsbetrachtung zum Stefan-Boltzmannschen und zum Wienschen Gesetz. In der Tat ist auch die elektrische Ladung der Dimension nach durch a und c darstellbar, und wir können aus unseren Überlegungen ebenso gut auf e kommen wie auf h. Schon *Jeans* und *Einstein*[2]) haben darauf hingewiesen, daß den Dimensionen nach

$$\left[\frac{e^2}{c}\right]\left[(\mathrm{g}^{1/2}\mathrm{cm}^{3/2}\,\mathrm{s}^{-1})^2 : \frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{s}}\right] = h = \left[\frac{g\ \mathrm{cm}^2}{\mathrm{s}}\right]. \quad (15$$

Zwei verschiedene Gruppen von Erscheinungen zwingen uns zur Ansicht, daß eine universelle elektrische Ladung (Elektron), und daß ein universelles Wirkungsquantum in der Natur existieren. Restlos theoretisch erfaßt sind beide nicht; vom Elektron hat man die klarere Vorstellung; das Wirkungsquantum hat bei heuristischer Anwendung auf andere Gebiete die großartigsten neuen Zusammenhänge aufdecken lassen. Kann man nun hoffen, daß bei voller Durchschauung der ganzen Verhältnisse diese Konstanten nicht mehr als voneinander unabhängig erscheinen werden? All unser theoretisches Streben ist ja darauf gerichtet, die Zahl der voneinander unabhängigen Konstanten zu vermindern; welch ungeheurer Triumph war es z. B., als *Maxwell* die beiden bis dahin voneinander unabhängigen Größen Brechungsexponent und Dielektrizitätskonstante als eine einzige Größe erfassen konnte! Eine Theorie, welche gar zwei universelle Konstanten auf eine einzige zurückführen könnte, würde die physikalische Erkenntnis gewaltig vertiefen. Unsere Beziehung (15) zeigt uns nun, daß eine solche Theorie unbedingt *möglich* ist; denn die Theorie kann zu einer Beziehung

$$h = \mathrm{const}\,\frac{e^2}{c} \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (16$$

kommen, in welcher die Konstante eine reine Zahl ist, also keine andere physikalische, dimensionierte Größe vorkommen muß. Ist nun eine solche Beziehung auch *wahrscheinlich? Einstein* hat darauf hingewiesen, daß in allen physikalischen Gleichungen diese konstanten Zahlenwerte mäßige Größen annehmen; man wird kaum eine Formel in der Physik finden, in welcher ein solcher Faktor über die Größenordnung 1000 hinausgeht bzw. unter die Größenordnung $^1/_{1000}$ sinkt. Wenn wir also eine solche Beziehung wie (16) vor uns sehen und der Zahlenfaktor ist etwa 1, so werden wir großes Vertrauen darauf setzen, daß man durch eine vernünftige Theorie zu einer solchen Bezie-

[1]) *Tolman*, Physikal. Review. N. S., Vol. 3, Nr. 4 und Vol. 6, Nr. 3. Die Einwände von *Buckingham* und *T. Ehrenfest*, daß *T.*s „Principle of similitude" zu nichts anderem führen kann als Dimensionsbetrachtungen spezieller Art, scheinen mir durch *T.*s Erwiderungen nicht widerlegt.

[2]) *Einstein*, Phys. Zeitschrift, 10. Jahrgang (1909), S. 192.

hung gelangen kann; erreicht hingegen der Zahlenfaktor eine phantastische Größe oder Kleinheit, so wird es uns nicht recht wahrscheinlich vorkommen, daß die in der Gleichung auftretenden Größen wirklich in der Natur dergestalt zusammenhängen, und wir werden wenig geneigt sein, nach einer solchen Theorie zu suchen. Dies ist natürlich kein exakter Gedankengang, aber hier unterhalten wir uns ja auch nur über Dinge, von denen wir sozusagen noch nichts wissen. Der Faktor in der Gleichung (16) bleibt nun mäßig; denn

$$h = 6{,}5 \cdot 10^{-27} \frac{\text{g cm}^2}{\text{s}}; \; e = 4{,}8 \cdot 10^{-10} \frac{\text{g}^{1/2}\,\text{cm}^{3/2}}{\text{s}};$$
$$c = 3{,}0 \cdot 10^{10} \text{ cm/s}.$$

Also erhält die Konstante den Wert $0{,}85 \cdot 10^3$, der nicht über das in physikalischen Theorien zu Erwartende hinausgeht. Man wird also geneigt sein, von der Zukunft die Zurückführung von e und h auf eine einzige Naturkonstante zu erhoffen.

Schlechter stehen die Aussichten bezüglich der anderen universellen Konstanten der Elektronentheorie, *der Masse m des Elektrons*. Aus e und c läßt sich kein Ausdruck von der Dimension einer Masse bilden; es ist also keine Theorie möglich, welche die Masse des Elektrons aus seiner Ladung und den Eigenschaften des elektrischen Feldes zu begreifen gestattet; das wird auch nicht anders, wenn wir das Wirkungsquantum h hinzunehmen. In irgendeiner Weise muß noch eine andere universelle Konstante in die Theorie eingehen. Eine ad hoc eingeführte Konstante würde uns nicht klüger machen; wir spekulieren also weiter, ob vielleicht die Elektronenmasse errechnet werden kann, wenn eine anderweitig notwendige Konstante mit in Betracht gezogen wird, und denken natürlich an die Gravitationskonstante $k = 6{,}7 \cdot 10^{-8} \left[\frac{\text{cm}^3}{g\,\text{s}}\right]$. Da gibt es eine Dimensionsbeziehung, nämlich

$$m = \text{const} \frac{e}{k^{1/2}}. \quad \ldots\ldots (17$$

Da aber $m = 0{,}89 \cdot 10^{-27}$ g, so haben wir hier im Gegensatz zu (16) den Fall vor uns, daß der Zahlenfaktor einen sehr kleinen Wert erhält, nämlich $0{,}5 \cdot 10^{-21}$; wir können kein großes Vertrauen darauf haben, daß eine solche Theorie möglich ist. Wir müssen nur die eine vorsichtige Einschränkung machen, daß die Konstante in (17) vielleicht eine Funktion der universellen Zahl $\frac{e^2}{c\,h}$ (s. Gl. (16)) sein könnte; von einer solchen Funktion könnte man sich schon eher vorstellen, daß sie solch kleine Zahlenwerte annimmt.

Geographische Mitteilungen.

Über Luftspiegelungen und Tromben im Hochlande von Bolivien. Im Oktober 1912 beobachtete ich während eines Aufenthaltes auf dem Hochlande oder der *Puna* von Bolivien täglich, vornehmlich in den frühen Vormittagsstunden Kimmungs- und Luftspiegelungserscheinungen, die an Verbreitung und Auffälligkeit alles, was ich an dergleichen Erscheinungen bisher gesehen hatte, übertrafen, und die mir auch hinsichtlich der geographischen Verbreitung dieses Phänomens und für das Studium der zugrundeliegenden geophysikalischen Verhältnisse von besonderer Bedeutung erschienen.

Die Erscheinung zeigte sich stets in Gestalt einer in einiger Entfernung mit flachem Strande beginnenden Wasserfläche, die bald einer räumlich beschränkten Lagune, bald einem endlosen Überschwemmungsgelände glich und in der Ferne von Bergen eingerahmt war oder unter den Horizont hinunterzutauchen schien. Gelegentlich schoben sich von der Seite her Höhen halbinselartig in den vermeintlichen See hinein; häufig tauchten auch Inseln auf ihm auf, die sich im umgekehrten, etwas verzerrten Bilde widerspiegelten. Die Wasserfläche war in leichter Bewegung, wie wenn ein leiser Zug oder eine leichte Brise darüber hinstriche. Die Täuschung war eine so vollkommene, daß ich zwangsmäßig meinen Augen mehr traute als meiner Überzeugung und diese Truggebilde immer wieder mit den tatsächlich vorhandenen „Salares" in Übereinstimmung zu bringen suchte, trockenen Salzpfannen, die allenfalls eingeschrumpfte Tümpel und Teiche, nicht aber so ausgedehnte Becken enthalten. Am stärksten war der Zweifel bei der Annäherung an das einzige große stehende Gewässer, den vom Desaguadero, dem Entwässerer des Titicacasees, gespeisten abflußlosen Poopo- oder Aullagassee. Mit ihren flachen, starken Schwankungen unterworfenen Ufern, ihrer niedrigen Insel, und ihrer bedeutenden, über die Blickweite hinausreichenden Ausdehnung besitzt diese Wasserfläche dieselben Eigenschaften wie die Luftspiegelungsgebilde, so daß sie schwer von ihnen zu unterscheiden ist und man leicht an dem See vorbeireisen kann, ohne ihn als solchen zu erkennen.

Derartige Täuschungen, die sich fortwährend geltend machen und den Reisenden auf Schritt und Tritt verfolgen und denen er sich trotz besseren Wissens kaum entziehen kann, erregen und verwirren die Sinne und machen die in orientalischen Berichten von der Fata Morgana wiedergegebene psychische Stimmung durstiger Wüstenwanderer einigermaßen verständlich.

Die physikalische Natur der Erscheinung bedarf keiner Erörterung; es handelte sich um regelrechte Kimmungs- und Luftspiegelungserscheinungen, wie sie in Küstengebieten und Wüsten verbreitet sind. Interessant aber ist ihre die Punalandschaft in hohem Grade beeinflussende Verbreitung, welche den Gedanken nahelegt, daß dieses Gebiet für die Entstehung von Luftspiegelungen ganz besonders geeignet ist. Zur Entstehung des Phänomens ist ein starker Temperaturgegensatz zwischen Boden und Luft, eine abgestufte Schichtung der bodennahen Luft nach Wärme, Dichte und Lichtbrechungsfähigkeit erforderlich. Die Vorbedingungen hierzu sind durch die weite vegetationsarme Ebene gegeben, und zwar in um so höherem Maße, als die Beträge der Ein- und Ausstrahlung in der dünnen Luft über einer Hochfläche von 3700 m Höhe beträchtliche sind. In der Tat war es im Oktober tagsüber sommerlich heiß, während früh morgens die Pfützen gefroren waren, und am 20. Oktober fiel in der nördlichen Puna in den Stunden nach

Mitternacht dichter fußhoher Schnee, der aber gegen Mittag des folgenden Tages auf der Ebene schon fast völlig aufgezehrt war. Die bolivianische Puna ist ferner eine allseitig von Gebirgsmauern eingerahmte Wanne, zu der aus der Tiefe aufsteigende warme Luftströmungen kaum Zutritt haben, während die von den Kordilleren herabkommende kalte Luft schwer abfließen kann, sie ist also ein Bezirk mangelhaften Luftaustausches, ein Sammelbehälter kühler Luft. Es wirken somit mehrere morphologische Eigenschaften begünstigend für die Entstehung von Luftspiegelungen, ein Zusammentreffen, wie es im Großen auf der Erde nicht häufig vorkommt. Es muß demnach die Frage gestellt werden, ob die großen Hochländer der Erde nicht ganz allgemein bevorzugte Stätten für die Entstehung der Luftspiegelung sind und ob sie es nicht in höherem Maße sind als die Wüsten, die uns gewöhnlich als Heimat des Phänomens geläufig sind.

Was die Jahreszeit anlangt, so wird vermutlich die Übergangszeit von der kühlen (Juni) zur wärmeren Jahreszeit (November), wenn die Luft in den noch stark schneebedeckten Kordilleren noch kühl, die Insolation auf der Puna aber im Wachsen ist, besonders günstig sein. In diese Zeit fiel mein Besuch.

Die Puna ist aber nicht nur ein günstiges Feld für die Anschauung der Luftspiegelung, sie dürfte auch für das Studium der grundlegenden Beschaffenheit der Atmosphäre von Bedeutung sein. Aus dem Vergleiche des nach der Berechnung möglichen Sichtbarkeitskreises eines Gipfels mit dem Bezirke seines Erscheinens infolge der Kimmung gewinnt man ein Maß für den Betrag der Hebung des Horizontes. Solche Versuche kann man in Bolivien, wo sehr hohe Gipfel an eine ihre Aussichtsweite bedeutend überschreitende Ebene stoßen, in großem Maßstabe ausführen. Weitere Aufschlüsse in dieser Richtung zu geben ist aber eine andere für die Puna charakteristische Naturerscheinung geeignet, nämlich die Tromben. Sie erschienen als schlanke, leichtgebogene, oben trichterförmig erweiterte Luftschläuche mit schmutzig-brauner, zum Teil spiralig gezeichneter Wandung und hellerem Innenraum, die sich ohne deutlich abgesetzten Fuß aus dem grasgesprenkelten Steppenboden erhoben und das diffus staubverfärbte Himmelsgewölbe zu stützen schienen. Sie traten auch bei heiterem, ruhigem Wetter gruppenweise auf, schienen sich in horizontaler Richtung nur langsam zu bewegen und waren lange zu beobachten. Die Höhe entzog sich der Schätzung, doch war sie beträchtlich, wie überhaupt die ganze Erscheinung viel bedeutender war als selbst die bemerkenswerteren der bei uns vorkommenden Sandhosen. Da sich die Tromben in verhältnismäßiger Häufigkeit sowohl in der Puna wie auch auf der 4500 m hohen Kordillerenhochfläche des Alto de Toledo in Peru zeigten, handelt es sich vermutlich um eine in diesen Hochländern gewöhnliche Erscheinung, und da die Tromben nichts anderes als Ausgleichsbewegungen zwischen den verschieden erhitzten Luftschichten vorstellen, geben sie einen Hinweis auf die Mächtigkeit der Luftmasse, welche für die Entstehung der Luftspiegelungen in Frage kommt. Die Messung ihrer Höhen würde also zur Lösung der erwähnten Aufgabe beitragen.

Die Stötznersche Szetschwan-Expedition. (*O. Israel, Peterm. Mitt. 1919,* März/April- und Mai/Juni-Heft.) Die von fünf verschiedenen Fachleuten 1913 unternommene, auf zwei Jahre berechnete Expedition galt der topographischen Aufnahme und der naturwissenschaftlichen und ethnographischen Erforschung des tibetanischen Grenzgebietes der chinesischen Provinz Szetschwan, einem Übergangsraume zwischen der sinischen Bruchschollenlandschaft, dem eurasischen Faltengürtel und dem zentralasiatischen Hochlande. Trotz des infolge des Kriegsausbruches notwendig gewordenen vorzeitigen Abbruches wurde in jeder Hinsicht ein reiches Beobachtungs- und Sammelmaterial erzielt, welches sich an die Forschungsergebnisse *Przewalskis* (Kukunorgebiet), *Beresowskis* (Kansu) u. a. anschließt. Über die Natur des 1700 km langen, durch eine Anzahl von Ortsbestimmungen gefestigten Routennetzes, das sich über die gegen Hinterindien strahlenden Ketten im Bereiche des oberen Yangtsekiang ausdehnt (ein Teilnehmer drang auch bis zum Mekong vor), berichtet *Israel,* der Geodät und Kartograph der Expedition: Das Forschungsgebiet ist im Osten durch ± nordöstlich streichende Ketten, im Westen durch flachgerundete Rücken ausgezeichnet. Jene steigen bis über 6500 m an und erinnern mit ihrer Aufeinanderfolge von Wald, Matten, Geröll- und Schneefeldern und mit ihren oft engen, steilwandigen, bis unter 2000 m hinunterreichenden, von reißenden Flüssen durcheilten, öfters durch seitliche Schotterkegel abgedämmten Tälern an unsere Hochgebirge; diese bereiten mit ihren unabsehbaren, wasserlosen Hochflächen, die von flachen, Nomaden- und Yackherden beherbergenden Hochtälern gegliedert werden, auf Tibet vor. — Die von den Chinesen politisch ziemlich unabhängigen, durch dunklere Hautfarbe ausgezeichneten, tibetische Dialekte sprechenden, dem Lamaismus ergebenen Eingeborenen, die wohl eine Million zählenden „Mantze" oder „Sifan" der Chinesen, weisen im gebirgigen Osten andere Siedlungs- und Wirtschaftsgepflogenheiten auf als auf der Hochebene des Westens. Dort wohnen sie in den Tälern in Dörfern und nähren sich vom Anbau der Gerste, des Buchweizens, gelegentlich auch des Maises und von der Schaf- und Ziegenzucht, hier leben sie als Nomaden allein von der Zucht von Yacks, Pferden und Schafen. — Unter den reichhaltigen Sammlungen überragen die zoologischen vielleicht die aller anderen ostasiatischen Expeditionen. Die Ausbeute an Schmetterlingen, vor allem an Nachtschmetterlingen wunderbarer Mannigfaltigkeit, übertrifft nach der Äußerung des langjährigen Sammlers *Funke* selbst den Reichtum Brasiliens; die Käferausbeute war erstaunlich, die der Vogelfauna wohl vollständig. Der Hauptwert der zoologischen Ergebnisse wird aber weniger in der Anzahl der zu erwartenden neuen Arten als vielmehr in den in ihnen enthaltenen Beiträgen für die Tiergeographie dieses Gebietes liegen, welches einen Knotenpunkt zwischen mehreren großen tiergeographischen Provinzen bildet.

Geburtenrückgang in Deutschland. (*Solbrig, Geburtenrückgang und Säuglingssterblichkeit in Deutschland . . ., Veröff. a. d. Geb. d. Medizinalverw.* VII, 6. 1917; *Jahn, Der Geburtenrückgang in Pommern von 1876 bis 1910,* ebenda IV, 1 1914; *Kresse, der Geburtenrückgang in Deutschland, seine Ursachen und die Mittel zu seiner Beseitigung;* Berlin.) Obwohl bald nach der Begründung des Reiches sich auch in Deutschland ein Sinken der Geburtenziffer einstellte, konnte das Land doch noch um die Jahrhundertwende auf eine Menschenbilanz blicken, die im ganzen seinem Aufblühen entsprach. Dann erst schlug es eine abschüssige Bahn ein, die es bedenklich dem katastro-

phalen Standpunkte Frankreichs näherte, das in bevölkerungspolitischer Hinsicht die letzte Stellung unter den Staaten Europas einnimmt. Dies zeigen die in der Tabelle nach *Solbrig* zusammengestellten Ver-

	Deutschland		Rang		Frankreich		Rang
	1901	1914	1901	1914	1901	1914	1914
Eheschließungen	8,2	6,8		9.		7,9	8.
Geburten	36,9	27,6	6.	12.	22,1	19,0	20.
Sterblichkeit	22,0	16,5	14.	9.			19.
Geburtenüberschuß	15,1	12,4	2.	11.	± 0 bis 1,5		20.
Säuglingssterblichkeit	177	192	20.	21.	143	158	

gleichszahlen von 1901 und 1914 (die Zahlen bedeuten Promille, Rang bedeutet die jeweilige Stellung unter 20, in der letzten Reihe 23, europäischen Staaten).

Jahns Untersuchungen auf dem engeren Gebiete Pommerns lehren, daß der Geburtenrückgang vorwiegend die von slawischem Einschlag reinere Bevölkerung und zunehmend auch das Land betrifft, daß eine Abhängigkeit von Boden, Grundbesitz, wirtschaftlichen Verhältnissen, Bevölkerungsdichte, Eheziffer, überhaupt eine physische Bedingtheit nicht nachweisbar ist. Er erblickt mit *Gruber* u. a. die Ursache in den Folgen des theoretischen und praktischen Individualismus und der um sich greifenden materialistischen Lebenswertung für die Lebensführung und empfiehlt neben der Unterdrückung der neomalthusianistischen Propaganda die von *Schallmayer* als „eugenisch" und „euthenisch" charakterisierten Abwehrmaßregeln hygienischer und rassehygienischer Natur. Einige diesbezügliche Gesetze und Verwaltungsmaßregeln führt *Kresse* näher aus.

Erkrankungen und Todesfälle unter der Bevölkerung in Wolhynien und Polen im Gebiete des Bug und Pripet (Dr. *Kurpjuweit, Veröff. a. d. Geb. d. Medizinalverwaltung 84*, 1919). Die Schrift gibt eine Zusammenstellung der wichtigsten im Kriege gesammelten Daten über das bisher medizinisch-geographisch fast unbekannte Gebiet Podlachiens und der westlichen Pripetsümpfe. Von Krankheiten sind besonders bemerkenswert die bei uns nahezu ausgestorbenen Seuchen des fast allgemein verbreiteten, zeitlich und hinsichtlich der Sterblichkeit schwankenden Fleckfiebers, der hauptsächlich im Winter und im Frühjahr auftretenden Pocken und des Rückfallfiebers, ferner das vom Eingeborenen wenig beachtete wolhynische oder Fünftagefieber, die vornehmlich die Pripetsümpfe heimsuchende Malaria tertiana und die Tollwut. Hohe Zahlen erreichen die hauptsächlich unter der jüdischen Stadtbevölkerung verbreitete Lungentuberkulose (14 % der Todesfälle; in Preußen gleichzeitig 7 %), die selbst in den entlegenen Sumpfdörfern häufigen Geschlechtskrankheiten und die Krätze. Eine Hochsommererkrankung sind die Pilzvergiftungen (Knollenblätterschwamm). Geburten und Todesfälle schienen sich annähernd die Wage zu halten (was mit den Erkundungen des Referenten im benachbarten Weißrußland übereinstimmen würde). Unter den Todesursachen stand die Altersschwäche mit 29 % obenan (mangelhafte Kriegsernährung?). Das ganze gesundheitliche Bild gleicht (abgesehen von unverkennbaren Einflüssen der Bodengestaltung; vgl. das jahreszeitliche Schwanken der Sümpfe und den Gang der Malariaerkrankungen; Ref.) dem Deutschlands vor einigen Jahrzehnten. Der Grund des Unterschiedes liegt in der Gleichgültigkeit und Rückständigkeit der Bevölkerung und der mangelhaften ärztlichen Versorgung (in den Pripetsümpfen ein Arzt auf 11 000 Einwohner und 1000 qkm; in Preußen auf 2042 Einwohner und 17,19 qkm!), wozu im Kriege noch die Nahrungs- und Wohnungsverschlechterung kam.

Die hauptsächlichsten Fundamentalsätze der paläoklimatischen Forschung (*W. Eckardt, Petermanns Mitt.*, 1919, März/April-Heft). Da der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen auf der Erdoberfläche polwärts abnimmt, müssen theoretisch in allen, selbst den heißesten Perioden der Erdgeschichte, Klimaunterschiede vorhanden gewesen sein. Praktisch indessen treten sie erst in die Erscheinung bei der Anwesenheit einer Schneedecke in den höheren Breiten, die im Winter durch Reflexion, im Frühjahr durch Bindung der Sonnenwärme beim Schmelzen die Temperatur herabdrückt. In warmen oder „pliothermen" Erdperioden herrscht ein gleichmäßiges, auch in polaren Breiten „tropisches", d. h. völlig frostfreies Klima. Die Gleichmäßigkeit der Wärme hat einen geringen thermischen, dieser einen geringen barischen Gradienten zur Folge. Der Wärmeaustausch in der Lufthülle erfolgt träge und mehr vertikal durch Konvektion als horizontal durch zyklonale und antizyklonale Bewegungen. Die Veranlassung zu Kondensation und Niederschlag ist gering; die Wüstenbildungen dehnen sich wegen der polwärts gerichteten Verschiebung der subtropischen Hochdruckgürtel über höhere Breiten aus. Der Ozean erwärmt sich gleichmäßig und verwischt, indem er zum Wärmespeicher für höhere Breiten wird, die zonalen Unterschiede noch mehr. Die Organismenwelt ist daher kosmopolitisch, Tropenpflanzen und große Reptilien rücken gegen die Polarkreise vor. Diesen Klimacharakter trägt die größte Spanne des Mesozoikums. In kühleren „miothermen" Perioden vereisen die polaren Zonen, der Ozean kühlt sich in höheren Breiten an der Oberfläche, überall aber in der Tiefe ab. Das in den Tropen wieder aufsteigende Tiefenwasser führt neue Klimaunterschiede herbei; niedere Breiten erreichende Polarströmungen können sogar in den Tropen Vergletscherungen hervorrufen. Nur unter dem oxydierenden Einflusse des kalten Tiefenwassers kann roter Tiefseeton abgelagert werden, der denn auch nicht allgemein verbreitet ist. Allen diesen Unterschieden entspricht eine wechselnde Organismenwelt. Solche Verhältnisse kennzeichnen die diluviale und die gegenwärtige Erdperiode.

In zweiter Linie hängt das Erdklima von der Verteilung und der Gestalt der Landmassen ab. Jene bedingt die Wärmeanomalie, deren derzeitiger hoher positiver Wert über dem europäischen Nordmeere durch das Vorherrschen des Ozeans auf der Südhalbkugel beruht. Diese beeinflußt den Weg der polaren Strömungen (z. B. Labradorstrom). Überwiegen des Landes in äquatorialen Breiten bedingt eine Abnahme der Mitteltempe-

ratur, einen geringeren Abfluß der höheren Luftschichten in den Tropen, damit verminderte Winterkälte und erhöhte Bewölkung und Zyklonenbildung in den Roßbreiten, Zustände, die z. B. die permokarbonische Eiszeit verursacht haben könnten. — Endlich ist die Massenverteilung in vertikaler Richtung maßgeblich für das Klima. Abgesehen von dem bekannten Einfluß der Gebirge auf Luftströmung, Niederschlag und Temperatur begünstigt eine unebene Erdoberfläche mit hohen Erhebungen die Bildung von Schnee und Eis und ruft Abkühlungen auch in ferner liegenden Gebieten hervor.

Das Zusammentreffen solcher einfacher, rein geophysikalischer und geographischer Verhältnisse erklärt die erdgeschichtlichen Schwankungen des Klimas ungezwungener und einfacher als die meisten mit hypothetischen Hilfskräften arbeitenden paläoklimatischen Theorien, deren Gedankengänge nicht selten durch Tatsachen widerlegt werden, wie z. B. die *Hypothese von der allmählichen Abnahme der inneren Erdwärme*, die Abhängigkeit des Klimas von *Schwankungen der Sonnenwärme größeren Ausmaßes*, die hypothetischen *Polverschiebungen und holosphärischen Gleitbewegungen der Kruste* über den Kern, die Hypothese von der *Abhängigkeit des Klimas vom Kohlensäuregehalte der Atmosphäre*, der zufolge erhöhter Vulkanismus den Kohlensäuregehalt und damit die Temperatur steigert, während in Zeiten vulkanischer Ruhe der Kohlensäureverbrauch bei der Kohlebildung eine Abkühlung hervorruft (*Arrhenius-Frech*). — Wenn nun auch die rein geographische Klimahypothese vielleicht auch nicht den einzigen Schlüssel zur Lösung der paläoklimatischen Fragen liefert, so liegt es doch näher, daß das Erdantlitz sich selbst sein Klima und Wetter bereitet, als daß außenliegende Faktoren in unbekanntem Zusammentritt sie verursachen.

Die Vorzeitformen der deutschen Mittelgebirgslandschaften (*S. Passarge, Petermanns Mitt.* 1919, März/April-Heft). Das norddeutsche Flachland, die Alpen, ihr oberdeutsches Vorland und die höheren Mittelgebirge tragen den Stempel einer vergangenen Periode der Erdgeschichte, der Eiszeit. Die zwischen diesen glazialen Landschaften gelegenen niederen Landstriche müssen folgerichtig von Kräften ausgestaltet sein, wie sie in den heutigen subpolaren Gebieten, vornehmlich in den Tundren wirksam sind. Die zur Beantwortung dieser Frage erforderliche Kenntnis der in den Tundren vor sich gehenden Vorgänge hat die im letzten Jahrzehnt bedeutend geförderte Erforschung der europäischen Subpolarländer (Island, Spitzbergen, Lappland) geliefert. Eine zusammenfassende Darstellung geben u. a. die Arbeiten *Högboms* und *Hambergs*, die uns lehren, daß in den Tundren die Wirkung der um 0° schwankenden Temperatur, der undurchlässige Eisboden und die Schneeschmelze die Gestaltung bestimmen. Die Frostsprengung ruft eine ungemein lebhafte Bildung von Schutt hervor, der weiter vom Frost zerkleinert, gelockert, mit erdigen Bestandteilen untermischt von den Schmelzwassern durchtränkt, durch die Ausdehnung des Eises beim Wiedergefrieren als Schuttstrom gehänge- und talabwärts bewegt wird, bald unter der Form mehr feuchten bis trockenen Schubes, bald mehr breiig unter dem Bilde des Erdfließens. Dabei wird unter Wälzung und Faltung der Untergrund mit in die Bewegung einbezogen. Die langsam abtauenden Schneeflecke im Ursprungsgebiet führen trichterförmige, karähnliche Nischen herbei, dem Froste länger Widerstand leistende Gesteinmassen bleiben als Felsruinen stehen; die größeren Blöcke werden schneller bewegt und sammeln sich in streifenförmigen Packungen an. — *Högbom* und *Passarge* haben nun unabhängig voneinander die Spuren diluvialer Tundren in Deutschland gesucht. Sie sind zu dem Ergebnisse gekommen, daß das heute vorliegende Relief tatsächlich vorzeitlich ist und betonen besonders, daß die beträchtlichen vorhandenen Schuttversetzungen nirgends auf heute wirksame Kräfte zurückzuführen sind. Die Felsruinen der Tundren finden sich in den „Steinen" und „Klippen". die Steinhäufungen in „Blockmeeren" der Mittelgebirge wieder. Die typischen, von Schneeflecken herrührenden Trichternischen fand *Passarge* in den verbreiteten zirkusähnlichen Talanfängen wieder. Weiter zeigte er, daß die bedeutenden Schuttmassen der Gehänge und Talsohlen sich unter Wälzung und Überstürzung wie in den Tundren abwärts bewegt haben. Die unbedeutende oberflächliche Verwitterung des Schuttes und sein Gehalt an Lößschnecken wies auf diluviales Alter hin. — Angeregt durch *Passarges* Untersuchungen, denen er z. T. an Ort und Stelle beiwohnte, verfolgte der Referent diese Erscheinungen weiter, indem er einmal die formengebende Wirkung der heutigen Schneeschmelze in den diluvialen Aufschüttungen Norddeutschlands und Westrußlands untersuchte und andererseits nach vorzeitlichen Formen in einem kristallinischen Gebiete, der Erzgebirgsstufe, suchte. Im erstgenannten Gebiete gelang es, den Nachweis zu führen, daß der langsam schmelzende Schnee in der Tat nischenartige, karähnliche Hohlformen hervorbringt, im zweiten wurde der ganze, für die Gestaltung unter dem Tundrenklima charakteristische Formenkomplex (Zirkus- und Gehängenischen, Felsruinen, Schuttbedeckung, Schuttströme mit typischen Bewegungserscheinungen) nachgewiesen. Von anderer Seite wurde von der Disharmonie zwischen Talweite und Wasserführung auf die Wirksamkeit diluvialer Entstehung der Formen geschlossen (*Salomon*). So mehren sich die Stimmen dafür, daß die *ganze* Oberfläche Deutschlands ein Erbe der Diluvialzeit ist.

Kriegsfortschritte der Kartographie (*Dr. E. Fels, Das Kriegsvermessungswesen im Dienste der Geographie. Erfahrungen und Anregungen; Prof. Dr. Wedemeyer, Kartenentwurf zur Ortsbestimmung nach funkentelegraphischen Peilungen; Pet. Mitt.* 1919, Mai/Juni-Heft). Das Kriegsvermessungswesen, dem die Herstellung des gesamten Kartenmaterials für die Truppe oblag und das durch Lieferung von Millionen von Blättern in breiten Volksmassen ein Verständnis für die Karte erweckt hat, hat von den meisten Fronten einen breiten Gürtel auf trigonometrischer Grundlage beruhender Meßtischblätter 1 : 25000 und einen weiteren des feindwärts gelegenen Geländes auf Grund der Fliegerbildauswertung geschaffen. Die Vermessungsaufgaben wurden mit den Friedensmethoden unter Bevorzugung schnell zum Ziele führender Wege (Polygon- oder Tachymeterzug, „Lattenüberschlag") gelöst, wobei auch das behelfsmäßige Verfahren des Einschreitens und der Kompaßmessung bei sicherer Kartengrundlage sich über Erwarten brauchbar erwies. Die Kartographie wurde gefördert durch die Verbesserung der Signaturen und der orientierenden Hilfsmittel und durch die Anwendung des Fliegerbildes.

Was den ersten Punkt anlangt, so handelte es sich um die Vereinheitlichung der bestehenden sechs Systeme und um die Erfassung feinerer Landschaftszüge (dichtes Unterholz, Formationsübergänge bei unscharfer

Grenze usw.). Der Orientierung dient das Gitternetz mit den Planquadraten, ein rechtwinkliges Koordinatensystem, welches, ohne die Übersicht zu stören, die Festlegung eines Punktes in einem Quadrate von 100 m Seitenlänge und seine denkbar genaueste und kürzeste Angabe ermöglicht, jedoch nur zur Unterteilung beschränkter Gebiete geeignet ist und ohne Verzicht auf die Begrenzung der Blätter durch geographische Koordinaten nicht über ein großes Gebiet ausgedehnt werden kann (ein Hindernis für seine allgemeine Einführung). Ein noch genaueres Mittel der Ortsbezeichnung wurde im Planzeiger gewonnen, einem auf die Karte verschiebbar aufzulegenden Planquadrat, dessen Seiten in 50 Teile geteilt sind und das einen Punkt auf 10 m genau zu bestimmen gestattet.

Die Fliegerphotographie liefert je nach der senkrechten oder schrägen, unter Umständen noch einseitig geneigten oder gekanteten Haltung der Kamera ein rechteckiges oder trapezförmiges bzw. unregelmäßig viereckiges Bild. Der im letzten Falle zur Einpassung in die Karte erforderlichen Beseitigung der perspektivischen Verzerrungen dienen die Auswertungsverfahren, bei denen von identischen Punkten auf Karte und Bild ausgehend korrespondierende Hilfsnetze zur Einpassung der übrigen Bildgegenstände konstruiert werden (Auswertung mit 5 und mehr identischen Punkten, mit dem harmonischen Netze oder mit dem abgekürzten Netzverfahren). Die Fliegerbilder, welche gleichzeitig zur Prüfung der Kartengenauigkeit dienen, vermögen aber natürlich die Höhenunterschiede nicht darzustellen und bedürfen erforderlichenfalls der Ergänzung durch photogrammetrische und stereophotogrammetrische Aufnahmen und durch gleichzeitige Höhenmessungen. Den Nutzen, den die Kartographie aus der Fliegeraufnahme zieht, liegt in der mühelosen und raschen Erzielung des Kartenbildes begründet und betrifft die Neuaufnahme (bei vorhandener trigonometrischer Grundlage) wie die Kartenergänzung (Wegeklassifizierung, Richtigstellung veränderlicher Grenzen usw.). Die Kartenwerke werden künftig rascher angefertigt und mehr auf zeitgemäßem Stande gehalten werden können als bisher. Das schräge Bild ist von Bedeutung für die alpine Kartographie und für die geographische Anschauung (Ersatz des Davisschen Blockdiagrammes). Im übrigen dient das Fliegerbild der Morphologie, der Hydrographie, der vor allem die Abbildung der Untiefen bis zu 25 m zugute kommt (Fluß- und Seekarten), der Ozeanographie (Wellenformen), der Darstellung schwer zugänglicher Landschaften (Sümpfe, Urwälder, Polargebiete) und geographischer Augenblickszustände (Überschwemmung, Schneefall, Schneeschmelze, Schneeflecken) und der Siedlungskunde (historischer Wert der Aufnahmen). — Von einem weiteren Fortschritt auf dem einschlägigen Gebiete gibt *Wedemeyer* a. a. O. Kenntnis. Die Entwicklung der Funkentelegraphie im Kriege wird es dem Reisenden bald ermöglichen, sich mit dem mitgeführten Funkenapparat mit zwei Stationen in Verbindung zu setzen, um von ihnen die Peilungen seines Signales zu erhalten, so daß er bei Kenntnis des gegenseitigen Abstandes der beiden Stationen in der Lage ist, seinen Ort in die Karte zu zeichnen, also der schwierigen, nicht immer möglichen astronomischen Ortsbestimmung überhoben wird. Die Einzeichnung der betreffenden Großkreise erfordert Karten im gnomonischen Entwurf. Von ihnen ist besonders geeignet die von *Heerle* vorgeschlagene, von *Maurer* für den genannten Zweck als günstig erkannte, von *Immler* für die Ortsbestimmung analytisch bearbeitete Abänderung oder beim Vorhandensein mehrerer Funkenstationen die von *Wedemeyer* entworfenen, im Kriege erprobten gnomonischen Karten.

Geographie (aus *„Altertum und Gegenwart"*, B. G. Teubner, Leipzig 1919). Unter diesem Titel gibt *J. Partsch* einen Rückblick über die geographische Hinterlassenschaft des klassischen Altertumes, der uns in dem gegenwärtigen Kampfe um die Schule zeigen soll, daß auch eine beobachtende Gegenwartswissenschaft wie die Geographie die Beziehungen zur Vergangenheit ohne Schaden nicht abbrechen darf. — Das Altertum stellte den Begriff der geographischen Wissenschaft auf und prägte ihren Namen. Ihre erste Aufgabe, den Entwurf der Umrisse des Landes, löste die antike Geographie insofern vollkommener als die wiedererwachende am Ausgange des Mittelalters, als sie ihre Karten in Beziehung zur Erdgestalt brachte im Gegensatze zu den zwar genauer gezeichneten, doch auf eine solche Beziehung verzichtenden Seekarten der Renaissancezeit. Die Erkenntnis der aus dem Erdschatten des verfinsterten Mondes abgeleiteten Kugelgestalt der Erde durch die *Pythagoräer* — eine Tat, die nur noch von der *Kopernikus* vorauseilenden Anschauung des *Aristarch von Samos* über die Bewegungen der Erde übertroffen wurde — gab die Grundlage zur Gradmessung der *Eratosthenes;* diese wieder zeitigte die Einführung der — wenn auch mangels genügender Zeitbestimmungen noch unvollkommenen — Ortsbestimmung und die ersten Schritte der Kartenprojektion (*Ptolemäus*). Die Abstufung der Klimate erkannte *Parmenides* und erweiterte *Posidonius* auf Grund der Erfahrungen des Alexanderzuges. Den Grundstein der meteorologischen Forschung legten landwirtschaftliche und seemännische Beobachtungen (*Hesiods* Bauern- und Schiffskalender); ein erstes großes hydrographisches Problem, das des Nilhochwassers, löste *Aristoteles,* während *Theophrast* die neuentdeckten Länder in mustergültiger Weise pflanzengeographisch beschrieb. Schon in den älteren Zeiten hatte ein Schüler des *Hippokrates* sich Problemen der Völkerkunde gewidmet, deren Gesamtstand nach den großen Entdeckungen im Osten wir nach dem Brande der alexandrinischen Bibliothek freilich nur aus den lückenhaften Auszügen aus *Agatharchides* ahnen können, während uns über den durch die Römer erschlossenen Westen in den Schriften des *Posidonius* und *Tacitus* nimmer zu entbehrende völkerkundliche Monumente überliefert sind. In der Meereskunde sind es, abgesehen von den schon richtig erkannten Gezeiten, besonders die Meeresströmungen, deren Erkenntnis die Erfahrungen der Fischer in den Meeresstraßen förderten (Entdeckung des Bosporusunterstromes). In der Morphologie wurden neben den Erscheinungen, deren Studium die Landesnatur besonders nahelegte (Karsterscheinungen), auch schwierigere Probleme, wie die Hebungen und Senkungen, berührt (*Straton von Lampsakus*). Der Erbschatz antiker Länderkunde ist durch unersetzliche Verluste stark gelichtet. Die Schriften des *Hekatäus, Pytheas, Polybius* und *Posidonius* sind nur noch aus zweiter Quelle (*Herodot, Arrian, Curtius Rufus* u. a.) und aus der einzigen großen Gesamtdarstellung *Strabos* zu schöpfen, die ihrerseits durch die Periegese des *Pausanias* und durch die Römer *Sallust, Livius, Ausonius Morella* u. a. ergänzt wird. — Ferner liegt in der materiellen Hinterlassenschaft des Altertums ein Arsenal von Mitteln zur Lösung wichtiger geographischer Fragen, z. B. der nach den Klimaänderungen, den Niveauverschiebungen und den morphologischen Wandlungen in geschicht-

licher Zeit überhaupt, denen schon *Plato* eine Studie widmete, während *Theophrast* und *Varro* über Charakterzüge des heutigen Bildes der Mittelmeerländer, die Waldbedeckung und die Malaria treffende Einfälle äußerten. — Ein Vorbild fruchtbringender Verwertung der antiken geographischen Literatur geben übrigens einige in den letzten Jahren von seiten der Kgl. Sächs. Ges. d. Wiss. veröffentlichte Abhandlungen desselben Verfassers: *Des Aristoteles Buch über das Steigen des Nil; Über die antike Oikumene; Dünenbeobachtungen im Altertum.* *B. Brandt.*

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Wirkung der Aushungerung Deutschlands auf die Berliner Kinder, mit besonderer Berücksichtigung der Waisenkinder der Stadt Berlin. (*Heinrich Davidsohn*, Zeitschr. f. Kinderheilk. 1919, Bd. *XXI*, S. 349.)

Über die Größe des Hungers, dem die Kinder in den Jahren 1916—1919 ausgesetzt gewesen sind, und über seine Wirkung auf die Berliner Kinder werden folgende Ergebnisse mitgeteilt:

Die im Waisenhaus der Stadt Berlin gereichte Anstaltskost des Jahres 1916 deckt den Bedarf der gesunden Kinder; für schwächliche Kinder besteht dabei Eiweißmangel. Bei der Kost des Jahres 1917 besteht erheblicher quantitativer und qualitativer Hunger, letzterer mit Hinsicht auf Eiweiß und Fett (*K. Herbst* und *Fuhge*).

Der Durchschnitt der gesunden im Wachstum befindlichen Waisenknaben zeigt bei der Anstaltsernährung des Jahres 1919 einen monatlichen Gewichtsansatz, der nur die Hälfte des normalen beträgt, und der Durchschnitt der Mädchen zeigt so gut wie keinen Ansatz. Annähernd die Hälfte der untersuchten Kinder zeigt überhaupt keine Zunahme, vielmehr eine mehr oder minder große Abnahme. Daraus ist zu folgern, daß die Anstaltsernährung des Jahres 1919 ebenso wie die des Jahres 1917 den Ernährungsbedarf keineswegs deckt.

Die Sterblichkeit ist für die 0—6-jährigen Berliner Kinder in allen Jahrgängen 1917 höher als 1913. Die Erhöhung ist im Säuglingsalter verhältnismäßig am geringsten, sie erreicht im 2. Lebensjahre ihren größten Wert, nämlich 75,8 % der Sterbefälle von 1913, und fällt dann allmählich bis zum 6. Lebensjahr, wo sie noch 23,5 % beträgt.

Die Berliner Waisenkinder zeigen sich gegenwärtig wesentlich früher mit Tuberkulose infiziert als vor dem Kriege. Die Zahl der Infizierten beträgt z. B. im 3. Lebensjahr jetzt fast ⅓ aller Kinder gegenüber $^1/_{12}$ vor dem Kriege.

Die Tuberkulosesterblichkeit der 0—6-jährigen Berliner Kinder hat in allen Jahresklassen 1917 gegenüber 1913 zugenommen. Die Kurve der verhältnismäßigen Zunahme steigt vom 1. bis zum 5. Lebensjahr stark an, um vom 5. bis 6. Lebensjahre stark abzufallen. Ihr höchster im 5. Lebensjahr erreichter Wert beträgt 113 %.

Unter 1749 in der Ambulanz untersuchten Berliner Waisenkindern sind 100 Tuberkuloseerkrankungen festgestellt worden; mithin sind 5,7 % dieser Kinder tuberkulosekrank.

Ein Vergleich der 1—6 Jahre alten Waisenkinder der Jahre 1908/09 und 1919 ergibt, daß die Tuberkuloseerkrankungen unter diesen Kindern gegenwärtig 3,5-mal so häufig sind wie im Jahre 1908/09. Unter den 100 Tuberkuloseerkrankungen nimmt die Lungentuberkulose mit 29 % die erste Stelle ein, die Skrofulose mit 27 % die zweite, dann folgen die Knochentuberkulose mit 16 %, die Bronchialdrüsentuberkulose mit 14 %, die Drüsentuberkulose mit 13 % und die Bauchfelltuberkulose mit 1 %.

Die verhältnismäßige Zunahme der im Jahre 1917 gegenüber 1913 ermittelten Mortalität an Lungentuberkulose für die Berliner Kinder von 0—6 Jahren ist sehr groß; sie erreicht im 5. Lebensjahr ihren höchsten Wert von fast 300 %.

Von 556 Waisenkindern im Alter von 1—6 Jahren haben jetzt 277 = 49,8 % Zeichen von Rachitis überhaupt aufgewiesen und 72 davon = 13 % aller Kinder die schwersten Formen der Rachitis. Beim Vergleich der Häufigkeit der Rachitis im Jahre 1908/09 und im Jahre 1919 zeigt sich, daß jetzt 12,5 % der Kinder mehr mit Rachitis behaftet sind, und daß die Häufigkeit der schwersten Rachitisfälle auf etwas mehr als das Doppelte gestiegen ist.

Ein Vergleich bezüglich des Gewichts der 1—6 Jahre alten Berliner Waisenkinder in den Jahren 1908/09 und 1919 zeigt, daß die Knaben von 1908/09 im Durchschnitt ein Minus von 3 kg, die Mädchen ein solches von 2,4 kg gegenüber *Camerers* Normalzahlen aufweisen. Gegenwärtig hat sich das Mindergewicht der Knaben auf 3,45 kg, also um 15 %, das der Mädchen auf 2,95 kg, d. h. um 24 %, erhöht.

Der Durchschnitt der Waisenknaben im Alter von 2—14 Jahren zeigt gegenüber *Camerers* Normalwerten gegenwärtig ein Minus an Gewicht von 18,8 %, der Durchschnitt der Waisenmädchen ein Minus von 16,2 %. Unter Zugrundelegung der Gewichtszahlen entsprechen die Waisenknaben 2¼ Jahre jüngeren, die Waisenmädchen 1½ Jahre jüngeren Kindern *Camerers*.

Verglichen mit den Berliner Gemeindeschülern von 1903 zeigen die Berliner Waisenkinder von 1919 ein Durchschnittsmindergewicht, das bei den Knaben 12,6 %, bei den Mädchen 16,8 % beträgt. Dem Gewichte nach entsprechen die Knaben von 1919 1½ Jahre jüngeren Gemeindeschülern, die Mädchen 2 Jahre jüngeren.

Beim Vergleich der Körperlängen in denselben beiden Gruppen von Kindern zeigen die Berliner Waisenkinder von 1919 ein Zurückbleiben in der Körperlänge, das durchschnittlich bei den Knaben 4,9 %, bei den Mädchen 6,9 % beträgt. Der Länge nach entsprechen die Knaben und Mädchen von 1919 den 1¾ Jahre jüngeren Kindern von 1903.

Die Knaben haben im Gegensatz zu den Mädchen im Durchschnitt mehr in der Länge als im Gewicht eingebüßt. Zur Erklärung dieses der Erwartung widersprechenden Befundes wird, gestützt darauf, daß dieses auffällige Verhalten sich nur bei den älteren, physiologisch schnell wachsenden Kindern (auch bei den Mädchen!) findet, angenommen, daß die Kinder unter dem Hunger zur Befriedigung ihres starken Wachstumtriebes Organsubstanz einschmelzen und einen wasserreichen Scheinansatz bilden, d. h. eine Abartung ihres Gewebes erfahren.

Der als Maß für die relative Breitenentwicklung gewählte Pirquetindex (Körperlänge^3 : Körpergewicht) steigt sowohl bei den Kindern von 1919 wie bei denen von 1903 mit zunehmendem Lebensalter an, ist aber in allen Jahresklassen 1919 wesentlich kleiner als 1903. Da ein Kleinerwerden des Pirquetindex das verhältnismäßige Überwiegen des Gewichts über die Länge bedeutet, ist zunächst zu folgern, daß die Kinder

von 1919 gedrungener als die gleichaltrigen Kinder von 1903 sind.

Da weiter festgestellt werden konnte, daß die Kinder von 1919 in allen Jahresklassen durchschnittlich um 1¾ Jahre sowohl im Gewicht wie in der Länge hinter den Kindern von 1903 zurück sind, ist zu schließen, daß die Kinder in ihrem gesamten Wachstum verkümmert sind. Daher müssen sie auch in der relativen Breitenentwicklung auf einem entsprechend früheren Stadium stehen geblieben sein. Infolgedessen erscheint es notwendig, die relative Breitenentwicklung der Waisenkinder mit derjenigen nicht gleichaltriger, sondern 1¾ Jahre jüngerer Gemeindeschüler in Vergleich zu setzen.

Bei dieser Gegenüberstellung zeigt sich in Bestätigung der vorher erwähnten Ergebnisse, daß nur bei den älteren, physiologisch besonders stark wachsenden Kindern eine gegenüber früher abweichende relative Breitenentwicklung infolge stärkeren Zurückbleibens der Körperlänge besteht.

Aus Vorstehendem wird unter Berücksichtigung der an Kindern und wachsenden Tieren über die Wirkung des Hungers gewonnenen Ergebnisse geschlossen, daß die Waisenkinder von 1919 eine ungewöhnlich lang dauernde Unterernährung durchgemacht haben.

Die Resultate dieser Untersuchungen spiegeln das Bild wieder, das die Gesamtheit der Waisenkinder gibt. Da aber ein Teil der Waisenkinder, nämlich die aus der Landpflege kommenden, eigentlich Landkindern entsprechen, wird der Zustand der großstädtischen Waisenkinder notwendigerweise etwas zu günstig dargestellt. Mit Wahrscheinlichkeit kann angenommen werden, daß die Mehrzahl der Berliner Kinder — unter obiger Einschränkung — in ihrem gegenwärtigen Zustand den Waisenkindern entspricht.

Die durch die Aushungerung bei den Kindern aufgedeckten Schäden können in leicht ausgleichbare (Hemmung von Gewichts- und Längenwachstum, Rachitis) und schwer oder gar nicht ausgleichbare (Tuberkulose) geschieden werden. Die wirksamste Bekämpfung beider Gruppen von Schäden kann nur in der Herbeiführung einer wirklich ausreichenden Ernährung erblickt werden. Fernerhin sind zur Bekämpfung der Tuberkulosegefahr fürsorgerische Maßnahmen erforderlich wie Verhütung der weiteren Exposition gegenüber dem tuberkulösen Virus, Verminderung der Disposition zur Erkrankung und Kontrolle der Gefährdeten im Interesse einer frühzeitigen Diagnosestellung und eines rechtzeitigen Beginns der Behandlung. *Autoreferat.*

Das Fettminimum des Menschen. Die Frage, ob in einer vollwertigen Nahrung, d. h. in einer Nahrung, die auf beliebig lange Zeit den Menschen bei normalem Körpergewicht, voller Leistungsfähigkeit und guter Gesundheit hält, stets eine gewisse Menge Fett enthalten sein müsse, so gut wie eine gewisse Menge Eiweiß in ihr enthalten sein muß; diese Frage ist von hohem theoretischen Interesse und praktischer Bedeutung. Ihre experimentelle Beantwortung hat *Hindhede* in einer groß angelegten Untersuchung unternommen (Skandinav. Arch. f. Physiologie, Bd. *39*, 1919. S. 78—131). Seine beiden Hauptversuchspersonen haben 16 Monate lang von einer Kost gelebt, die nur aus Brot, Kartoffeln, Kohl, Rhabarber und Äpfeln *ohne irgendwelchen Zuschuß von Fettstoffen* bestand. Die Versuche sind nach dieser Zeit noch nicht beendet worden. Der Bericht umfaßt bisher nur 16 Monate, während die Versuche weiter gehen. Für mehr als 400 Tage von diesen 16 Monaten liegen ausführliche Stoffwechselbilanzen vor. Aus ihnen geht hervor, daß die Menge der physiologisch verwerteten Fette (d. h. die Differenz der aufgenommenen und der im Kot ausgeschiedenen Fette) im Mittel der ganzen Zeit nur *2,1* bis *2,3 g pro Tag* betrug. Es dürfte kaum möglich sein, eine noch fettärmere Kost zusammenzustellen. Die Versuche geben alle sehr ähnliche Zahlen, so daß es zur Übersicht genügt, ein Beispiel anzuführen. Für die Versuchsperson *Frederik Madsen* betrugen die täglichen Mengen:

an Eiweiß . . .	43,8 bis 112,4 g,	Mittel	91,6 g
Kohlehydrate .	759 bis 1144 g,	„	927 g
Fett	0 bis 4,9 g,	„	2,1 g
Kalorien	3351 bis 5189	„	4334

Die Eiweißzufuhr ist reichlich, doch scheint auch bei geringerer Eiweißmenge Fett noch entbehrlich, denn in dem andern Hauptversuch wurden nur 67 g Eiweiß ausgenutzt, d. h. rund 1 g pro Körperkilo und Tag. Die Kalorienmenge ist nicht größer als in den ausgedehnten früheren Stoffwechselversuchen mit derselben Versuchsperson, in denen recht erhebliche Fettmengen (bis 160 g pro Tag) aufgenommen wurden. Es hat also eine „isodyname" Vertretung des Fettes durch Kohlehydrate stattgefunden, d. h. die Kohlehydrate haben die Fette im Verhältnis ihrer Verbrennungswärmen ersetzt. Der Gesundheitszustand der Versuchspersonen war nach 16 Monaten sehr gut, wie eine genaue ärztliche Untersuchung ergab, bei der der Hämoglobingehalt des Blutes zu 100 (korrigiert *Sahli*) gefunden wurde.

Die Erfahrungen an Tieren, die ohne „Fett" nicht am Leben erhalten werden konnten (Ratten), erklärt *Hindhede* wohl mit Recht dadurch, daß nicht das Fett als solches unentbehrlich sei, sondern „Vitamine", die im Fett enthalten sind, mit diesem entzogen wurden. Solche „Vitamine" oder „akzessorischen Nährstoffe" sind als lebensnotwendig bekannt, brauchen aber nicht aus dem Fett zu stammen, sondern sind vor allem in frischen Gemüsen reichlich vorhanden. Da in *Hindhedes* Versuchen frische Gemüse (und Obst) genommen wurden, trat kein Mangel an Vitaminen ein, und so war es möglich, den wichtigen Nachweis zu erbringen, daß der Mensch gesund und kräftig bei einer Kost leben kann, die praktisch als frei von Fett bezeichnet werden kann. *P.*

Über das Hören unter Wasser. Die Eigenschaft des Wassers, den Schall gut fortzuleiten, ist erst am Anfang unseres Jahrhunderts für praktische Zwecke, und zwar für die Schiffahrt, nutzbar gemacht worden. Bei Nebel werden von den meisten Feuerschiffen mit Unterwasserglocken Signalzeichen gegeben. Diese werden von den Schiffen mit Empfängern, d. h. entsprechend konstruierten Mikrophonen, aufgenommen und mit einem Telephon von dem Steuermann abgehört. Die Empfänger sind nach einem Patent der Submarine Signal Co., Boston, in Wasserkästen angebracht, die zu beiden Seiten des Schiffes innenbords an die Schiffswand gedrückt sind. Der Schall im Wasser dringt ohne wesentliche Schwächung durch die Bordwand bis in den Wasserkasten und wird hier dasjenige Mikrophon am stärksten erregen, das sich auf der der Schallquelle zugewandten Seite des Schiffes befindet, während der Schall vom anderen Apparat durch den Schiffskörper abgeschirmt wird. So läßt sich durch die verschiedene Lautstärke der Telephone die Richtung einer Unterwasserglocke feststellen. Sie stimmt dann mit der Fahrtrichtung des Schiffes überein, wenn beide Empfänger das Telephon gleich laut ansprechen lassen. Schallwellen werden nun aber nicht nur durch besondere Sender, wie die Unterwasser-

glocken es sind, hervorgerufen, sondern auch durch Störungen, wie sie bei der Fahrt eines Schiffes entstehen. Ebenso wie ein Wagen beim Fahren auf der Straße Geräusche verursacht, erzeugt jedes Schiff bei Fahrt Geräusche. Da diese durch das Stampfen der Maschinen, die Umdrehungen der Schiffsschrauben und die von den Schraubenflügeln hervorgerufenen Wirbeln und Luftblasen verursacht werden, sind sie für jede Schiffsgattung verschieden. So läßt sich z. B. ein Handelsdampfer mit seinem langsam mahlenden Geräusche von einem Turbinendampfer mit dem einem hellen, raschen Wischen vergleichbaren Geräusche gut unterscheiden. Nach Angaben von *W. H. Bragg* (Engineering, Bd. *107*, S. 776, 1919) haben die Engländer von diesen akustischen Erscheinungen Gebrauch gemacht, um die Anwesenheit von getaucht fahrenden Unterseebooten festzustellen. Magnetische, elektrische und optische Methoden lassen sich für diese Zwecke nur unter günstigen Verhältnissen auf kurze Entfernungen benutzen, während das Geräusch auf mehrere Kilometer wahrgenommen werden kann. Nur bei ganz geringer Fahrt, wenn die Maschinen sehr langsam laufen, ist ein Schiff fast geräuschlos. In dem Falle würde auch die akustische Methode versagen. Da die oben genannten, in Wasserkästen eingebauten Empfänger speziell für die Aufnahme von Tönen eingerichtet und gerade für Geräusche, die allgemein nur als Störung empfunden werden, unempfindlich sind, hat man zur Aufnahme von Geräuschen besondere Geräuschempfänger bauen müssen. Beim Geräuschempfang treten als Störungsquellen die Geräusche des eigenen Schiffes, das Anschlagen der Wellen an die Bordwand u. dergl. in Erscheinung. Um diese Störungen zu beseitigen, wurden die Empfänger an Tauen über Bord gehängt und durch Gummibänder noch besonders gegen vom Tau übertragene Geräusche geschützt. Damit man nun aber mit diesem Apparat auch die Richtung bestimmen konnte, aus der die Schallwellen kommen, in der sich z. B. das festzustellende Unterseeboot befindet, mußte der Empfänger dementsprechend konstruiert sein. Jede Schallwelle setzt sich aus einer Druckkomponente, die ungerichtet ist, und einer Geschwindigkeitskomponente zusammen, die eine Verschiebung der Wasserteilchen in Richtung der Schallwelle bewirkt. Der über Bord gehängte Empfänger darf nicht wie ein gewöhnlicher Mikrophonempfänger auf die Druckkomponente ansprechen, sondern auf die Geschwindigkeitskomponente. Man erreicht dies dadurch, daß man eine dünne Membran in einem schweren Metallring befestigt. Die Membran wird bewegt, wenn der Ring senkrecht zum Schallstrahl steht, und damit wird auch das an der Membran befestigte Mikrophon erregt. Liegt der Ring in Richtung des Schallstrahles, so spricht das Mikrophon nicht an. Ein Nachteil dieses sogenannten Richtungsempfängers ist der, daß Schall, der von vorn oder hinten kommt, ihn in gleicher Weise erregt. Das läßt sich dadurch beseitigen, daß man ihm in geringem Abstande auf der einen Seite einen Schallschirm gegenüberstellt. Dieser Schirm ist eine Holzplatte, die mit einer Bleischicht überzogen ist und etwa gleichen Durchmesser wie der Empfängerring hat. Bei dieser Ausführung wird die Verteilung von Druck und Richtung des Schalles in unmittelbarer Nähe des Empfängers am wenigsten störend beeinflußt. Die zwischen dem Holz und dem Blei befindliche Luftschicht reflektiert den auftreffenden Schall, so daß der Empfänger fast ausschließlich auf Schall anspricht, der aus einer bestimmten Richtung kommt, während er auf alle übrigen Schallwellen kaum reagiert.

Mit dem Richtungsempfänger läßt sich nicht nur die Richtung einer Geräuschquelle, wie die eines Unterseebootes, feststellen, sondern auch die Richtung von Explosionen unter Wasser. Detonationen von kleinen Sprengkapseln, die in etwa $^1/_{2000}$ Sekunde erfolgen, lassen sich auf mehrere Kilometer mit ganz scharfem Einsatz beobachten. Um an der Küste den Ort einer Explosion bestimmen zu können, wurden eine Reihe von Empfängern an Dreibeinen auf dem Meeresgrunde ausgelegt und durch Kabel mit einer Zentrale verbunden. Dort wurde der Mikrophonstrom eines jeden mittels Fadengalvanometers photographisch registriert. Die Empfänger sprachen nun, entsprechend ihrer Entfernung vom Explosionsort, verschieden an. Da die Lage und Entfernung der einzelnen Apparate voneinander bekannt ist; so läßt sich aus der photographischen Aufzeichnung der Ort der Störung leicht bestimmen. Von dieser Art der Ortsbestimmung haben die Engländer Gebrauch gemacht. Es war nämlich für ein kleines Bewachungsfahrzeug, das in der Nordsee ein Minenfeld entdeckt hatte, sehr schwierig, den genauen Schiffsort festzustellen. Dieses warf jetzt eine kleine Wasserbombe, und in einer Viertelstunde wurde an Land aus der photographischen Aufzeichnung die Position bestimmt und gemeldet. Entdeckte ferner ein Flieger ein Unterseeboot, so legte er auf die gleiche Weise den Ort des Bootes fest, und die Unterseebootsverfolgung konnte dort angesetzt werden. Durch planmäßige und großzügige Ausnutzung des Unterwasserschalls haben die Engländer dem Unterseeboot seine Hauptstärke, seine Unsichtbarkeit, illusorisch zu machen versucht.

Daß die Engländer mit dem Unterwasserschall so gute Resultate erzielen konnten, hat seinen Grund in der großen Tiefe des Meeres und dem meist felsigen Untergrund an ihren Küsten, denn hierdurch wird die Ausbreitung des Schalles günstig beeinflußt. Bei dem flacheren Wasser und dem sandigen Untergrund in der deutschen Bucht ist sie allgemein schlechter und außerdem macht sich eine stärkere Abhängigkeit der Reichweite der Unterwasserschallsignale von der Jahreszeit bemerkbar. Ist das Wasser an der Oberfläche wärmer als in den tieferen Schichten, so wird der Schallstrahl, der angenähert von der Oberfläche ausgeht, bei der Fortpflanzung gegen den Meeresboden hin gebeugt, wie *H. Lichte* gezeigt hat (Physik. Z. S., Bd. *20*, S. 385, 1919) und dort bei weichem Grunde größtenteils absorbiert. Ist die Temperaturschichtung des Wassers umgekehrt, so wird der Schall gegen die Oberfläche hin abgelenkt, dort mit fast seiner gesamten Energie reflektiert und weiter fortgepflanzt. Letzteres ist im Winter der Fall, und die Reichweite einer Unterwasserglocke wird daher in dieser Jahreszeit größer sein als in den Sommermonaten, wo das Wasser an der Meeresoberfläche am wärmsten ist. Nach Zusammenstellungen der Atlas-Werke A.-G., Bremen, haben die mit Unterwasserschallempfangsanlagen ausgerüsteten Handelsschiffe die Unterwasserglocke des Weserfeuerschiffs, z. B. im Januar, im Mittel auf 13 Seemeilen gehört, dagegen in den Monaten April bis Oktober nur auf etwa 5 Seemeilen. Das Weserfeuerschiff liegt auf einer Wassertiefe von 23 m. Bei dem auf 55 m Wassertiefe ausliegenden Feuerschiff Nantucket Shoals schwanken im Mittel die Reichweiten im Winter und Sommer nur zwischen 9 und 7 Seemeilen. *Lübcke.*

Berichte gelehrter Gesellschaften.

Sitzungsberichte der Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. 1919.

3. Februar. Sitzung der Mathematisch-physischen Klasse.

Herr *Rohn* legt vor eine Arbeit von Herrn *C. Neumann: Ueber die von Franz Neumann gegebene Begründung des Hauyschen Gesetzes*, Herr *Wiener* zwei Untersuchungen von *J. E. Lilienfeld: Die Elektrizitätsleitung im extremen Vakuum. Röntgenspektren bei verschiedenen Entladungsbedingungen* und *Funkenschlagweite bei Wechselspannung*. Alle drei Arbeiten werden für die Berichte angenommen. Herr *v. Oettingen* gibt eine in den Abhandlungen zu veröffentlichende Ergänzung und Fortsetzung seiner vor drei Jahren ebenfalls in den Abhandlungen erschienenen Grundlage der Musikwissenschaft und das duale Reininstrument. — Die von Herrn *Koßmat* für die Erdbebenforschung des Prof. *Reinisch* (Leipzig) erbetene Unterstützung wird bewilligt, ebenso die von Herrn *Rinne* beantragte Anschaffung verschiedener neuer zur Untersuchung des Spektrums dienender physikalischer Instrumente.

8. April. Sitzung der Mathematisch-physischen Klasse.

Von Herrn *Koßmat* wurden folgende 3 Arbeiten vorgelegt: 1. *E. Krenkel*, Bericht über eine Forschungsexpedition in Deutsch-Ostafrika. Der eigentliche Plan dieser gleich zu Beginn durch den Weltkrieg gestörten, geologische und paläontologische Ziele verfolgenden Expedition war die Suche nach neuen Lagerstätten vorweltlicher Tiere sowie die geologische Erforschung der Küstenlandschaft zwischen Lindi und Daressalam. Die hierbei zusammengebrachten reichhaltigen und äußerst wertvollen geologischen, anthropologischen, ethnologischen und zoologischen Sammlungen mußten wegen der i. J. 1916 erfolgten Gefangennahme des erkrankten Leiters in Afrika zurückgelassen werden und sind trotz mehrfacher, auch amtlicher Anforderungen bisher nicht zurückgegeben worden, so daß sie ebenso wie sämtliche Tagebücher nebst den topographischen Aufnahmen und den geologischen Skizzen und Profilen so gut wie verloren gelten können. 2. *Walter Penck*, Der Südrand der Puna de Atacama (S. W.-Argentinien). Ein Beitrag zur Kenntnis des andinen Gebirgstypus und der Frage der Gebirgsbildung. Diese mit vielen Abbildungen und Karten ausgestattete, nicht bloß für die untersuchten Gebiete, sondern für die Gebirgsbildung überhaupt bedeutungsvolle Monographie ist die Zusammenfassung der Ergebnisse der in den Jahren 1912—13 ausgeführten Reisen. Wegen Raummangels hat leider nicht das ganze gewonnene Material bearbeitet werden können. Die Arbeit beginnt mit einem geographischen Abschnitte, untersucht zunächst die alten Gebirgsarten und die kontinentalen Ablagerungen, wendet sich hierauf zum andinen Bau im besonderen sowie zu der tektonischen Bewegung und dem Vulkanismus am Südrande der Puna und behandelt alsdann dessen morphologische Entwicklung, um mit Bemerkungen über dortige Mineral-lagerstätten zu schließen. 3. *Fritz Goebel*, Bericht über eine geologische Kartierung beiderseits des Ochridasees. Die Karte, die sich an die von den Herren *Rinne* und *Koßmat* bereits untersuchten Gebiete anschließt, wurde in der ersten Hälfte des Jahres 1918 aufgenommen und bildet einen etwa 6—10 km breiten Streifen hinter der damaligen mazedonisch-albanischen Front, die sich von Peristeri bis nach Gora Top erstreckte. Erwähnenswert ist, daß trotz eifrigsten Suchens östlich des Ochridasees auch nicht die Spur eines Fossils entdeckt werden konnte. — Herr *Rohn* übergibt eine eigene Arbeit, betitelt: Kongruente Dreiecke, Dreikante, Vierkante und Tetraeder in perspektiver Lage. Sie behandelt das schwierige Problem der perspektivischen Lage kongruenter Schrauben im Raume. Für die Teneriffa-Expedition wird von der Kasse wiederum ein größerer Betrag ausgeworfen, und zwar für die nunmehr bevorstehende Rückkehr der beiden Expeditionsteilnehmer.

17. Mai. Öffentliche Gesamtsitzung.

Der vorsitzende Sekretär, Herr *Sievers*, eröffnete die Sitzung mit einer Ansprache, in der er darauf hinwies, wie trotz der gewaltigen politischen Umwälzungen und trotz der schweren äußeren Bedrängnisse und unaufhörlichen inneren Erschütterungen die für Volk wie Staat gleich unentbehrliche und segensreiche Tätigkeit der gelehrten Gesellschaften ohne nennenswerte Einschränkungen weiter sich entfalten konnte, und wie auch die Leipziger Gesellschaft ihre Veröffentlichungen und Unternehmungen fortgesetzt und junge Gelehrte durch namhafte Beiträge aus Stiftungsmitteln unterstützt hat. Mit besonderer Wärme wurde einer neuen Stiftung gedacht, die von der in Heidelberg verstorbenen Witwe des Dr. *Richard Avenarius* in Höhe von 150 000 Mark der Gesellschaft vermacht worden ist zur Förderung wissenschaftlicher Arbeiten, die die Theorie und Geschichte des menschlichen Erkennens unter psychologischen Gesichtspunkten behandeln. Nach dieser Ansprache trug Herr *Wiener* über den Wettstreit der Newtonschen und Huygensschen Gedanken in der Optik vor. Die Newtonsche Annahme von der auf körperlicher Ausstrahlung beruhenden Wirkung des Lichtes war für seine Zeit gar nicht so unberechtigt, da *Huygens*, der im Gegensatz zu *Newton* im Lichte eine im Äther sich ausbreitende Wellenbewegung sah, nicht einmal die geradlinige Ausbreitung des Lichtes zu erklären vermochte. Dieser Beweis konnte erst 200 Jahre später in mathematisch einwandfreier Weise von der inzwischen so weit fortgeschrittenen theoretischen Physik geführt werden. Nach je etwa 100-jähriger unbestrittener Herrschaft der Newtonschen Emissionstheorie und der sie ablösenden Huygensschen Wellenlehre ist durch Aufkommen der Quanten- und Relativitätstheorie in neuester Zeit wieder ein Rückfall in die Newtonsche Vorstellung eingetreten. Der Vortragende schloß mit einem Ausblicke auf die einzuschlagenden Wege, auf denen die neu aufgetauchten Schwierigkeiten für die Wellentheorie beseitigt werden könnten. — In der sich anschließenden *nichtöffentlichen Gesamtsitzung* wurden namentlich die Satzung der Avenariusstiftung sowie der Entwurf der neuen Gesellschaftssatzung durchberaten und angenommen. — Die den Beschluß bildenden *Klassensitzungen* brachten u. a. für die *Philosophisch-historische Klasse* die Präsentation eines neuen Mitgliedes und für die *Mathematisch-physische Klasse* die Annahme zweier in den Berichten zu veröffentlichenden Arbeiten: 1. *H. Dember* und *M. Uibe*, Über eine physikalische Theorie der Bewegung des Erdschattens in der Atmosphäre. 8. Bericht über die Ergebnisse der auf Teneriffa ausgeführten Arbeiten. — 2. *Fritz Goebel*, Bericht über eine geologische Kartierung beiderseits des Ochridasees.

2. Juni. Sitzung der Mathematisch-physikalischen Klasse.

Herr *Garten* sprach: *Über die Grundlagen der Orientierung im Raum.* Die Arbeit ist das Ergebnis von Versuchen über die Eignung der Sinnesorgane für den Beruf des Menschen als Flieger, dessen wichtigste Eigenschaft mit darin zu suchen ist, auch bei Ausschluß der Augen die Lage seines Körpers und damit des Flugzeuges im Raume richtig zu erkennen, welche Begabung allerdings sehr verschieden entwickelt ist, wobei jedoch durch systematische Übungen günstige Fortschritte in der Feinheit der Lageempfindung erzielt werden konnten. Zu diesen Messungen diente ein dem Sitze im Flugzeuge nachgebildeter „Steigungsstuhl". Von den für die Lagefeststellung in Betracht kommenden Sinnesempfindungen spielen hauptsächlich der Haut- und Muskelsinn eine große Rolle; von ge-

ringerem Einflusse sind die Erregungen des Ohres, wie an Taubstummen nachgewiesen werden konnte. Die Wichtigkeit des Haut- und Muskelsinnes beim Zustandekommen der Lageempfindung vermochte durch Aufhebung der Schwerkraft durch den Auftrieb des Wassers sowie des Drucksinnes der Haut durch Unempfindlichmachung nachgewiesen zu werden.

Herr *Koßmat* überreichte eine Arbeit des Herrn *Beck* (Freiberg): *Über Protothamnopteris Baldaufi nov. sp., einen neuen verkieselten Farn aus dem Chemnitzer Rotliegenden*, worin ein in Hilbersdorf bei Chemnitz, einer auch sonst an Pflanzenresten aus dem Karbon und Perm reichen Fundstätte, neu ausgegrabener Farn beschrieben und bestimmt wird. Die Versteinerung steht dem am meisten primitiven Typus der Osmundaceen, der Gattung Thamnopteris, recht nahe und ist zu Ehren eines um die Vermehrung der geologischen Sammlungen der Freiberger Bergakademie sehr verdienten Mannes benannt worden. — Beide Arbeiten werden in den Abhandlungen veröffentlicht.

Sitzungsberichte der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig.

21. Juli. Sitzung der Mathematisch-physischen Klasse.

Die bisherige Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften hat mit Genehmigung des Ministeriums seit dem 1. Juli die vorstehend verzeichnete Namensänderung in Akademie vorgenommen.

Herr Sekretär *Hölder* legte eine Arbeit des Akademiemitgliedes *Thomae* (Jena) vor: *„Die harmonische Kovariante zweiter Art für zwei Kegelschnitte mit 4 reellen Schnittpunkten*, eine Fortsetzung zweier dasselbe Thema behandelnder Aufsätze in den Berichten von 1917, wo von den Grundkegelschnitten wenigstens zwei der Schnittpunkte als konjugiert imaginäre angenommen wurden, und von 1919, wo statt des einen Kegelschnittes ein Punktepaar als Grundgebilde angesehen wurde. Herr *Rinne* übergab eine Untersuchung von *E. Schiebold* (Leipzig): *Über die Verwendung von Röntgenspektrogrammen im durchfallenden Licht zur Deutung der Kristallstruktur*. Es handelt sich um eine Kombination der Methoden von *M. v. Laue* und *H. Seemann* unter gewissen Abänderungen, wodurch eine wesentliche Vereinfachung bei der Verwertung der Röntgenspektren zur Bestimmung der Kristallstruktur ermöglicht wird. Herr *Leblanc* hielt einen Vortrag über „Photochemische Umsetzungen im System Sulfurylchlorid = schweflige Säure + Chlor unter dem Einflusse von Strahlen bestimmter Wellenlänge". Der Vortragende erörterte das Verhalten des Sulfurylchlorids gegenüber verschiedener Bestrahlung, das sich bald in einer quantitativen Zerlegung äußerte, bald auch keine nennenswerte Beeinflussung erkennen ließ. Von Chlor absorbierte Strahlen konnten Sulfurylchlorid sowohl bilden wie zersetzen. In letzterem Falle spielte das Chlor die Rolle des Sensibilisators. Der stationäre Zustand, der sich einstellte, fiel nicht mit dem Dunkelgleichgewicht zusammen. Man kann sagen, daß unter der Wirkung der von Chlor absorbierten Strahlen unter 0 ° C Sulfurylchlorid quantitativ aus schwefliger Säure + Chlor gebildet wird, während es über 180 ° C unter der Wirkung derselben Strahlen quantitativ in schweflige Säure + Chlor zerfällt. Interessante Umkehrerscheinungen wurden beobachtet und gedeutet. Geringe Wasserdampfmengen sind von starkem Einfluß auf die Reaktionsgeschwindigkeit.

Sitzung vom 14. November.

Zum letzten Male ehrte die Akademie das Gedächtnis *Leibnizens*, des eigentlichen Begründers der Akademien, an dessen Todestage, dem 14. November, um von jetzt ab die Feier an seinem Geburtstage, dem 1. Juli, zu begehen, der ja zugleich der Gründungstag der Leipziger Akademie selber ist. Die öffentliche Sitzung wurde eingeleitet durch eine Ansprache des vorsitzenden Sekretärs, Herrn *Sievers*, worin dieser die auch unter den gewaltigen politischen Umwälzungen gleichmäßig weiterschreitende stille Tätigkeit der Akademie hervorhob, auf den durch die veränderten Verfassungsverhältnisse bedingten Satzungsneubau hinwies und zuletzt an die schmerzlichen Verluste infolge des Todes der Mitglieder *Windisch*, *Brugmann*, *Beck* und *Bruns* im verflossenen Jahre erinnerte. — Der Vortrag des Herrn *Volkelt* leitete von dem universalen Genius *Leibnizens*, des Verkünders der lex continui, über zu dem positiven Geiste *Hegels*, des Philosophen der immanenten Entwicklung, und Panlogisten. Er zeichnete in knappen Zügen die Entwicklung des Hegelianismus, dessen Einfluß auf Staat, Gesellschaft und Wissenschaft, untersuchte die Ursachen des Zusammenbruches der Hegelschen Schule, erörterte den trotzdem noch weiter wirkenden Einfluß der Hegelschen Gedankenwelt und schloß mit dem Wiederaufleben und neuen Aufblühen des Hegelschen Systems infolge Wiederanknüpfung seitens der modernen deutschen Philosophie an die Ideen *Hegels*. — Gedächtnisreden wurden gehalten auf die verstorbenen Mitglieder *Beck* durch Herrn *Koßmat*, und *Bruns* durch Herrn *Herglotz*. Herr *Beck*, Mitglied seit 1918, war einer der bedeutendsten Lehrer an der Freiberger Bergakademie und Verfasser eines epochemachenden Werkes über die Erzlagerstätten. Die Tätigkeit des Herrn *Bruns*, Mitglied seit 1884, ist gekennzeichnet durch die Verbindung von Astronomie und Mathematik. Sein Hauptarbeitsgebiet war die Mechanik des Himmels und der Ausbau der Kollektivmaßlehre. — In der nichtöffentlichen Gesamtsitzung wurde Herr Prof. Dr. phil. *Aug. Becker*, bekannt durch seine ergebnisreichen Schriften über alt- und mittelfranzösische Literatur und Metrik, zum ordentl. Mitgliede gewählt. — Das Springerstipendium auf d. J. 1919 in Höhe von 1000 M. wurde in der sich anschließenden Fachsitzung der philol.-histor. Klasse an Herrn Dr. *Drost*, Marburg, verliehen. Herr *Heinze* legte eine nachgelassene Schrift von *Bruno Keil* vor: „Beiträge zur Geschichte des Areopags", worin die Verfassungseinrichtungen Athens unter römischer Oberhoheit behandelt werden, überhaupt vieles wichtiges Neue zur Geschichte Athens und zur Verwaltungspraxis der Römer in den unterworfenen Ländern gebracht wird. — Außerdem lagen bereits verschiedene Gesuche von Akademien und sonstigen gelehrten Gesellschaften des feindlichen Auslandes um Wiedereröffnung des Schriftenaustausches vor. Hierdurch wird einerseits die an und für sich selbstverständliche Bedeutung und Unentbehrlichkeit deutscher Wissenschaft genügend beleuchtet, andererseits der wohl von Frankreich ausgehende Versuch, Deutschland auch wissenschaftlich abzuschließen, hinreichend ad absurdum geführt.

1. Dezember. Sitzung der Mathematisch-physischen Klasse.

An wissenschaftlichen Abhandlungen liegen vor ein Aufsatz von Herrn *Neumann:* „Über die Franz Neumannsche Projektionsmethode", der neue Beiträge zu dem Weißschen Zonengesetz in der Kristallographie und die daraus sich ergebenden Folgerungen enthält, sowie zwei von Herrn *Herglotz* vorgelegte, noch unter der Leitung des kürzlich verstorbenen Akademiemitgliedes und Direktors der Leipziger Sternwarte, Herrn *Bruns*, ausgeführten Arbeiten der Herren Dr. *Naumann:* „Beobachtungen des Prof. *Peters* über Fixsternparallaxen" und Dr. *Hayn*: „Ausmessung der Sterngruppe der Plejaden". — Die infolge Ablaufs der zweijährigen Amtsdauer notwendig gewordene Neuwahl des Sekretärs bzw. seines Stellvertreters ergibt als Sekretär Herrn *Le Blanc* an Stelle des eine Wiederwahl ablehnenden Herrn *Hölder* und als Stellvertreter den bisherigen Inhaber dieses Postens Herrn *Rinne*.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 7. (Seite 121—140) **13. Februar 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Die Physik als geometrische Notwendigkeit. Von *Arthur Haas, Leipzig.* S. 121.
Bei dem aussterbenden Inselvolk der Neu-Mecklenburger (Neu-Guinea). Von *L. Külz, z. Zt. Berlin.* S. 127.
IX. Jahreskonferenz für Naturdenkmalpflege in Berlin. Von *O. Herr, Görlitz.* S. 132.
Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner Zweigverein): Wetterdienst und Funkentelegraphie. S. 134.
Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten: Akustische Entfernungsmessung. Zur Mechanik des Freiballons. Kohlenoxydfreies Leuchtgas. Der zunehmende Benzinverbrauch und seine Deckung. S. 135—138.
Berichte gelehrter Gesellschaften: Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften 1919. S. 138—140.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Technisches Denken und Schaffen

Eine gemeinverständliche Einführung in die Technik

Von

Prof. **G. v. Hanffstengel**

Charlottenburg

Mit 153 Textabbildungen

Gebunden M. 12.—

(Hierzu Teuerungszuschlag)

Das Buch bietet allen, die sich für technische Dinge interessieren, reiche Anregung und Belehrung. In großzügiger, zusammenfassender Darstellung, die durch zahlreiche, in einfachster Weise behandelte Beispiele anschaulich gemacht ist, wird der Leser in den Geist der modernen Technik, in die leitenden Gedanken, denen der Ingenieur bei seiner Arbeit folgt, eingeführt. Durch klare, neuartige Behandlungsweise ist es gelungen, selbst schwierigere technische Gedankengänge dem nicht technisch oder mathematisch Gebildeten mühelos zugänglich zu machen. Das Buch kann u. a. Studierenden, Praktikanten, Schülern, den Lehrern der Mathematik und Physik, ferner den kaufmännischen Leitern und Beamten industrieller Betriebe und allen anderen, die der Technik in irgendeiner Weise nahestehen, empfohlen werden. Ebenso wird der Ingenieur und der Lehrer der Technik mit Freude der Herausschälung technischer Leitgedanken und Denkmethoden folgen und manche Anregung daraus schöpfen.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 12.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.20.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei Jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser, Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Bernstein-Sammlungen

mit Belegstücken über das Vorkommen, die Entstehung und die Verwendung von Bernstein, sowie einzelne Stücke mit tierischen und pflanzlichen Einschlüssen liefern

Staatliche Bernsteinwerke
Königsberg i. Pr.
(152

Soeben ist erschienen:
LITTROWS Atlas des gestirnten Himmels
Für Freunde der Astronomie. Taschenausgabe.
Einleitung von Prof. Dr. J. Plassmann
Gebunden M. 6.— (181)
Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin SW 68

Mineralien, Kristalle und Gesteine
Spez. vogtl. und sächs. Vorkommen
offeriert preiswert und in reicher Auswahl
Mineralien-Niederlage A. Jahn
Plauen i. V., oberer Graben 9
Preisliste gratis.

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope
Gg. Leisegang Berlin { *Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.* / *Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche* / *Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)*

Insektenkunde von Prof. Kolbe. M 14.—, geb. M 15.50
Blütenbiologie von Prof. Löwe. M 6.—, geb. M 7.—
(Teuerungszuschlag 50%.) (180)
Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin S. W. 68.

Mineralien, Gesteine, Petrefakten,
Einzelstücke und Sammlungen,
alle naturwissenschaftlichen Lehrmittel
Dr. Paul Michaëlis
Sächs. Mineralien- u. Lehrmittelhandlung
Dresden-Blasewitz 2, Schubertstraße 8
Liste 1919 über Mineralien, Gesteine u. Petrefakten kostenlos.

Die Naturwissenschaften
1915, 1916
zu kaufen gesucht.
Angebote unter **Nw. 167** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (167

Naturwissenschaftl. Literatur
Kaufe jederzeit und bitte um Angebot.
W. Junk, Berlin, Sächsische Str. 69.
(188)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. **13. Februar 1920.** **Heft 7.**

Die Physik als geometrische Notwendigkeit[1]).

Von Arthur Haas, Leipzig.

Ein alter, dem Platon zugeschriebener Spruch sagt, daß Gott stets Geometrie betreibe, und als den Urstoff aller Dinge hatten schon die Pythagoreer die Zahl erklärt. In diesen beiden Sätzen findet ein Streben seinen Ausdruck, das fast so alt ist wie die wissenschaftliche Physik selbst. Es ist das Bestreben, *aus mathematischer Notwendigkeit* die *Gesetzmäßigkeit* zu begreifen, die der aufmerksame Beobachter der Natur bald in der Mannigfaltigkeit der sinnlich wahrnehmbaren Erscheinungen erkennt.

Häufig verirrte sich dieses Bestreben zu naiven, mystischen Spielereien, indem man Beziehungen suchte zwischen physischen Verhältnissen und ausgezeichneten Eigenschaften bestimmter Zahlen oder geometrischer Figuren[2]). Auf der anderen Seite hat jenes Bestreben zu fruchtbarer und erfolgreicher Arbeit geführt, indem es gelang, durch die Benutzung der *mathematischen Methode* die Physik in großartiger Weise auszugestalten, zu ordnen und zu vervollkommnen. Aber das Endziel jenes Strebens sollte doch die Erkenntnis bilden, daß nicht nur die Physik mathematisch beschreibbar und die Mathematik physikalisch anwendbar, sondern daß Physik und Mathematik in ihrem Wesen eines seien, daß sie nicht mehr voneinander verschieden seien als zwei verschiedene Sprachen, deren man sich zur Schilderung eines und desselben Gegenstandes bedienen kann; daß mit anderen Worten eine geometrische Notwendigkeit dafür besteht, daß die uns als Wirklichkeit gegebene Welt die Erscheinungen der Gravitation und der Elektrizität und damit auch die des Magnetismus, des Lichtes, der Bewegung und der Wärme zeigt.

Zu dieser großartigen und wohl für unsere gesamte Weltanschauung höchst bedeutungsvollen Auffassung hat sich die theoretische Physik in den letzten Jahren durchgerungen. Entstanden sind aber diese neuen Ideen auf dem Boden der *Relativitätstheorie*, die als eine der großartigsten Schöpfungen des menschlichen Geistes im Jahre 1905 von *Einstein* begründet wurde.

Den Anlaß zu der Entstehung der Relativitätstheorie gab ein merkwürdiges Dilemma. Aus den Formeln der sogenannten „klassischen" Physik folgte nämlich, daß es in *optischer* Hinsicht so etwas wie eine *absolute Bewegung* geben müsse, während in mechanischer Hinsicht der Begriff einer absoluten Bewegung als völlig sinnlos erkannt war. Nehmen wir nämlich an, daß sich in bezug auf ein bestimmtes Koordinatensystem das Licht gleichförmig, d. h. nach allen Richtungen gleich schnell fortpflanze, und fassen wir ein zweites Koordinatensystem ins Auge, das sich gegenüber dem ersten irgendwie bewegt, so könnte in bezug auf dieses zweite System nach den Formeln der klassischen Physik die Ausbreitung des Lichtes unmöglich gleichförmig, nämlich in allen Richtungen gleich rasch erfolgen. Daraus schien sich die Folgerung zu ergeben, daß bei einer bestimmten geistvoll erdachten Anordnung eines optischen Versuches sich ein Einfluß der *Erdbewegung* in merklicher Größe offenbaren müsse; aber hiervon war, als das schwierige Experiment tatsächlich von *Michelson* (1881) durchgeführt wurde, nicht das Mindeste zu merken. Dieses Ergebnis verblüffte die Physiker im höchsten Grade, obwohl es doch von vornherein ihnen hätte unwahrscheinlich erscheinen müssen, daß es in einem Zweige der Physik, nämlich in der Optik, eine absolute Bewegung gebe, in einem anderen, nämlich in der Mechanik, hingegen nicht[3]).

Der theoretischen Physik entstand nun die schwierige Aufgabe, den Widerspruch zu lösen, der derart zwischen der Erfahrung und der klassischen Physik bestand. Seine vollständige Lösung gelang erst dem Genie *Einsteins*, und zwar durch die Aufdeckung eines *Vorurteils*, das einmal in der Physik Eingang gefunden, sich aber derart tief eingewurzelt hatte, daß man es gar nicht gemerkt hatte, und dieses Vorurteil bestand in der Vorstellung einer *absoluten Zeit*.

In den Formeln der Physik treten im allgemeinen vier unabhängige Veränderliche auf, drei räumliche Koordinaten und die Zeit. Daß den räumlichen Koordinaten nur eine *relative* Bedeutung zukommen könne, das empfand man als selbstverständlich; hinsichtlich der Zeit war man auf diesen Gedanken gar nicht verfallen.

Erst *Einstein* erkannte, daß ebenso wie die räumlichen Koordinaten, mittels deren ein Be-

[1]) Nach einem Vortrage in der Philosophischen Gesellschaft an der Wiener Universität.

[2]) So suchte z. B. *Kepler* einen Zusammenhang zwischen den Abständen der Planeten von der Sonne und den Zahlenverhältnissen der regulären Körper.

[3]) Vgl. *Einstein*, Die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie (gemeinverständlich), Braunschweig (Vieweg) 1917.

obachter physikalische Vorgänge beschreibt, so auch seine Zeitangaben etwas Relatives sind. Der vorhin besprochene Widerspruch zwischen der Erfahrung und der Theorie löst sich ohne weiteres, wenn man es einsieht, daß die Zeit, auf die etwa ein irdischer Beobachter einen Vorgang bezieht, keineswegs dieselbe zu sein braucht wie die Zeit, auf die denselben Vorgang jemand bezieht, der ihn etwa von der Sonne aus beobachtet. Zwischen den beiden voneinander verschiedenen Zeiten muß aber nun, wie der Michelsonsche Versuch zeigt, notwendigerweise ein bestimmter *Zusammenhang* bestehen, der durch das *Relativitätspostulat* ausgedrückt wird. Es müssen nämlich beide Beobachter, obwohl gegeneinander bewegt, gleichwohl von ihren Standpunkten aus *mit demselben Rechte* behaupten können, daß sich, ausgedrückt durch ihre relativen räumlichen Koordinaten und ihre relative Zeit, das Licht nach allen Richtungen mit der gleichen Geschwindigkeit fortpflanzt.

Die Erkenntnis der *Relativität der Zeit* stellt eine theoretische Entdeckung von der allergrößten Tragweite dar. Ihren tieferen Sinn hat aber erst der Göttinger Mathematiker *Minkowski* (1908) erfaßt. Den durch das Relativitätspostulat ausgedrückten Zusammenhang zwischen den relativen räumlichen Koordinaten und der relativen Zeit kann man nämlich, wie *Minkowski* fand, auch dahin *geometrisch interpretieren*, daß sich die mit der imaginären Einheit und der Lichtgeschwindigkeit multiplizierte Zeit und die räumlichen Koordinaten untereinander ebenso verhalten wie *vier Koordinaten* in einer *vierdimensionalen Geometrie*[4]).

Um diesen großartigen Gedanken *Minkowskis* besser zu verstehen, wollen wir uns den Grundgedanken der *analytischen Geometrie*, bekanntlich einer Schöpfung des großen Philosophen *Descartes*, in Erinnerung rufen. Jeder, der einmal analytische Geometrie, etwa solche der Ebene, betrieben hat, weiß sich dessen zu erinnern, daß, wenn in der Ebene irgend eine bestimmte Kurve, etwa eine bestimmte Ellipse, gegeben ist, diese ihren analytischen Ausdruck in einer bestimmten *Gleichung* findet. Diese gibt den „funktionalen Zusammenhang" an, der die beiden Koordinaten der einzelnen Punkte der Kurve miteinander verknüpft. Jeder, der einmal analytische Geometrie der Ebene betrieben hat, weiß aber auch, daß die analytische Geometrie eben darauf beruht, daß die allgemeine Form einer solchen Gleichung sich nicht ändert, wenn ein bestimmtes in der Figurenebene konstruiertes rechtwinkliges Koordinatensystem durch irgend ein anderes rechtwinkliges Koordinatensystem ersetzt wird. Man sagt (und dieser Ausdruck ist nach dem eben Gesagten wohl ohne weiteres verständlich), daß die *Gleichung* der Kurve *invariant* (d. h. unveränderlich) sei gegenüber *Transformationen des Koordinatensystems*.

Ganz Ähnliches wie in der analytischen Planimetrie gilt nun natürlich auch in der analytischen Geometrie des Raumes. Durch eine Gleichung zwischen den drei Koordinaten ist eine Fläche gegeben (z. B. ein Ellipsoid usw.), und auch deren Gleichung ist wiederum invariant gegenüber beliebigen Transformationen des Koordinatensystems. Vom Standpunkt einer abstrakten Geometrie bietet es nun natürlich keine Schwierigkeit, auch eine *vierdimensionale* Geometrie zu ersinnen, eine Art Überstereometrie, in der jeder Punkt dann natürlich durch *vier Koordinaten* bestimmt wäre.

Das vorhin erwähnte Prinzip von *Minkowski* haben wir nun so zu verstehen: Die drei räumlichen Koordinaten und eine Größe, die man durch Multiplikation der Zeit mit der Lichtgeschwindigkeit und der imaginären Einheit erhält, stellen ein *vierdimensionales Koordinatensystem* dar; in dem Sinne, daß die *Gleichungen der Physik invariant* sind gegenüber beliebigen Transformationen eines derart gebildeten Koordinatensystems.

Auf Grund dieser Auffassung, die ja eben nur eine geometrische Umschreibung des Relativitätsprinzipes darstellt, erscheint uns aber nun ein altes Problem der Erkenntnistheorie in einem ganz neuen Licht. Zur physikalischen Erkenntnis werden die dichterischen Worte, die *Richard Wagner* den Gurnemanz zu Parsifal sprechen läßt: „Du siehst, mein Sohn, zum Raum wird hier die Zeit." In der Tat ist es an sich willkürlich, wie man in der vierdimensionalen Mannigfaltigkeit, die man als die *Minkowskiwelt* (oder die „Welt" schlechthin) bezeichnet, das Koordinatenachsenkreuz legt, dessen eine Achse man eben als die Zeitachse interpretiert. Die Unterscheidung zwischen Raum und Zeit ist nicht absolut, sondern relativ.

Durch die wundervolle Entdeckung *Minkowskis* erfuhr nun auch ein Begriff eine völlige Wandlung, der von der allergrößten Bedeutung für die theoretische Physik ist; es ist der Begriff des *physikalischen Feldes*. Unter einem physikalischen Felde versteht man ein Gebiet, über das ein physikalischer Zustand so verteilt ist, daß jeder Stelle des Gebietes eine bestimmte diesen Zustand charakterisierende Größe entspricht.

Die klassische Physik hatte sich nun bei der Betrachtung physikalischer Felder stets zwei Fragen vorlegen müssen: erstens die nach der

[4]) Daß die imaginäre Einheit (Quadratwurzel aus minus Eins) auftritt, erklärt sich daraus, daß in der vierdimensionalen Geometrie natürlich die Summe der Quadrate der vier Koordinaten vom Koordinatensystem unabhängig ist, während in der Physik die Summe der Quadrate der drei räumlichen Koordinaten *vermindert* um das Quadrat von Lichtgeschwindigkeit und Zeit vom Bezugssystem unabhängig ist. Es ist zu beachten, daß das Produkt aus Lichtgeschwindigkeit und Zeit natürlich die Dimension einer Länge hat; es stellt ja den in der betreffenden Zeit vom Lichte zurückgelegten Weg dar.

Beschaffenheit des Feldes in einem bestimmten Augenblick, zweitens aber die nach der *zeitlichen Veränderung des Feldes*. Neben der räumlichen Verschiedenheit des Zustandes mußte auch die Änderung berücksichtigt werden, die an einer und derselben Stelle der Zustand mit der Zeit erfährt. Die neue Physik, die sich auf die Idee *Minkowskis* aufbaut, kennt den Begriff eines veränderlichen Feldes überhaupt nicht. Die neue Physik kennt nur die eine Frage: Wie sind Größen, die physikalische Zustände charakterisieren, *über die Minkowskiwelt verteilt?* In der Tat, würden wir z. B. das vierdimensionale Temperaturfeld der Minkowskiwelt kennen, so wüßten wir damit, welche Temperatur an jedem Orte und zu jeder Zeit herrscht. Denn von den vier Achsen, die einem beliebig in dem Temperaturfeld konstruierbaren Achsenkreuz angehören, wird ja eben bereits die eine als die zeitliche interpretiert, und die Verschiedenheit in der Richtung dieser Achse stellt eben dann bereits die zeitliche Verschiedenheit der Temperatur dar. Der Begriff einer Veränderung des Feldes verliert so im Vierdimensionalen jeden Sinn. So erscheint in der Tat die Minkowskiwelt, sofern sie als Schauplatz des physikalischen Geschehens aufgefaßt wird, als Verwirklichung der Definition, die einst *Thomas von Aquino* für die Ewigkeit gegeben hatte, indem er sie das „nunc stans“ (das stehende Jetzt) nannte.

Die theoretische Physik kann somit aufgefaßt werden als der Inbegriff der Gesetzmäßigkeiten, nach denen solche Größen über die Minkowskiwelt verteilt sind, die physikalische Zustände charakterisieren. Die physikalischen Zustände sind natürlich von sehr mannigfacher Art. Im Sinne der Experimentalphysik unterscheiden wir mechanische, elektromagnetische, optische und thermische Zustände[5]). Die große Leistung der *kinetischen Wärmetheorie* bestand aber nun bekanntlich darin, daß sie die thermischen Zustände zurückführte auf mechanische, und ebenso vermochte *Maxwell* durch die Begründung der nach ihm benannten Theorie die optischen Zustände auf elektromagnetische zurückzuführen. Schließlich ist gerade auf Grund der Relativitätstheorie die Erkenntnis deutlich geworden, daß auch die *Bewegungsvorgänge* in ihrem Wesen *elektromagnetische Vorgänge* sein müssen, so daß also auch die mechanischen Zustände auf elektromagnetische zurückführbar sind[6]).

So erscheint schließlich die ganze Physik als Manifestation des *elektromagnetischen Feldes*. Auf Grund der Gleichungen, die bereits *Maxwell* für das elektromagnetische Feld aufgestellt hat, läßt sich aber nun zeigen, daß in vierdimensionaler Darstellung alle elektromagnetischen Zustandsgrößen zurückführbar sind auf eine einzige, aus der sie durch reine *Rechenoperationen* abgeleitet werden können. Diese Größe ist durch eine gerichtete Strecke darstellbar, sie ist eine sogenannte *Vektorgröße*. Aus dem Prinzip, das dem elementaren Satze vom Kräfteparallelogramm zugrunde liegt, folgt nun, daß in einer Ebene eine gerichtete Strecke vollkommen bestimmt ist, sobald man ihre beiden *Komponenten* nach den Achsen eines bestimmten in der Ebene konstruierten Koordinatensystems kennt; im *Raume* ist eine gerichtete Strecke vollkommen gegeben durch drei Komponenten; in der vierdimensionalen Minkowskiwelt, somit durch *vier* Komponenten. Den vierkomponentigen Vektor, durch den das elektromagnetische Feld vollkommen bestimmt ist, nennt man das *elektromagnetische Viererpotential*[7]).

Der Umstand, daß dieser Vektor in der Minkowskiwelt nicht konstant, sondern von Stelle zu Stelle (im allgemeinen nach Betrag und Richtung) verschieden ist, bedingt die Existenz eines elektromagnetischen Feldes und damit weiter die Möglichkeit, daß der Mensch durch seine Sinnesorgane mechanische, optische und thermische Erscheinungen wahrzunehmen vermag. So erscheint eigentlich die Physik durch die Existenz eines vierdimensionalen *Vektorfeldes* hervorgerufen. Nur eine einzige Erscheinung nimmt eine Sonderstellung ein, und das ist die *Gravitation*.

Die Physik sieht sich so gezwungen, die physikalischen Erscheinungen auf die Existenz zweier natürlich räumlich und zeitlich *zusammenfallender Felder* zurückzuführen, eines *elektromagnetischen Feldes* und eines *Gravitationsfeldes*. Die Rolle, die in dem elektromagnetischen Felde die Elektrizität spielt, kommt in dem Gravitationsfelde der *Masse* zu. Schon in der klassischen Physik wurde nun gezeigt, daß die das Gravitationsfeld charakterisierenden Größen durch rein mathematische Operationen ableitbar sind aus einer einzigen Größe, dem sogenannten *Gravitationspotential*. In der klassischen Physik sind sowohl die Masse als auch das Gravitationspotential Größen, die durch Angabe einer Zahl bereits bestimmt sind, bei denen also eine Zerlegung in „Komponenten“ nicht möglich ist[8]). Die Durchführung der Minkowskischen Ideen ließ aber nun erkennen, daß in der vierdimensionalen Physik an die Stelle der Masse eine an sich natürlich vom Koordinatensystem unabhängige sogenannte *Tensorgröße* mit *zehn Komponenten* tritt, nämlich eine Größe, die gewissermaßen vier Komponenten in bezug auf die vier Koordinatenachsen und überdies sechs Komponenten nach den sechs Koordinatenflächen besitzt, die es in einer

[5]) Daß die akustischen Erscheinungen auf Bewegungsvorgängen beruhen, war schon lange bekannt. Daß die magnetischen Phänomene auf elektrische zurückführbar sind, hatte *Ampère* gezeigt.

[6]) Vgl. den in dieser Zeitschrift 1919 erschienenen Aufsatz desselben Verfassers: „Die Axiomatik der modernen Physik.“

[7]) Vgl. den in Anm. 6 zitierten Aufsatz.

[8]) In der klassischen Physik sind Masse und Gravitationspotential sogenannte Skalare.

vierdimensionalen Geometrie gibt[9]). Daraus mußte gefolgert werden (eine nähere Begründung muß in diesem Zusammenhange unterbleiben), daß in der relativistischen Physik (als deren Spezialfall die klassische anzusehen ist) auch das Gravitationspotential eine zehnkomponentige Größe sein muß.

So erscheint also das elektromagnetische Feld durch eine vierkomponentige Vektorgröße, das Gravitationsfeld durch eine zehnkomponentige Tensorgröße bestimmt. Beide Felder fallen dabei zusammen, und die Existenz beider bedingt die Gesamtheit aller der Erscheinungen, die wir als physikalische bezeichnen.

Auf Grund dieser Überlegungen können wir nun die Frage, ob die Physik einer geometrischen Notwendigkeit entspringe, in exakter Weise dahin formulieren, daß wir fragen: Läßt sich ein geometrischer Grund dafür angeben, daß man in einer wahrhaft allgemeinen Geometrie jedem Punkt eine Vektor- und eine Tensorgröße zuordnen muß? Diese Frage müssen wir in der Tat nach dem gegenwärtigen Stande der Geometrie bejahend beantworten. Daß eine wahrhaft allgemeine Geometrie nur dann einen Sinn hat, wenn jedem Punkte ein bestimmter Tensor zugeordnet wird, hat bereits in der Mitte des 19. Jahrhunderts der große Mathematiker *Riemann* im Anschlusse an *Gauß* gezeigt[10]). *Einstein* brauchte nur die Erkenntnis *Riemanns*, die für eine beliebige geometrische Mannigfaltigkeit (von beliebiger Dimensionszahl) gilt, auf die Minkowskiwelt anzuwenden, um (1915) eine *Theorie der Gravitation auf rein geometrischer Grundlage* aufstellen zu können[11]). Daß aber eine wahrhaft allgemeine Geometrie notwendigerweise außer dem erwähnten Tensor *überdies* noch jedem Punkte auch einen *Vektor* zuordnen müsse, das hat 1918 *Weyl* gezeigt; und indem er diese Erkenntnis wieder auf die Minkowskiwelt übertrug, gewann er die Möglichkeit, der rein geometrischen Einsteinschen Theorie der Gravitation eine rein *geometrische Theorie der Elektrizität* an die Seite zu stellen[12]).

Nach der Auffassung der Weylschen Geometrie muß nun eine Mannigfaltigkeit von beliebiger Dimension, damit in ihr überhaupt eine Geometrie *möglich* sei, unbedingt *von vornherein ein Vektorfeld und zugleich ein Tensorfeld* darstellen. Das ist natürlich eine für die meisten Laien zunächst kaum faßbare Vorstellung, und dies rührt daher, weil wir gewöhnt sind, uns der sogenannten *euklidischen Geometrie* zu bedienen, die aber eben nach der heutigen Auffassung nur als *ausgezeichneter Sonderfall einer viel allgemeineren Geometrie* aufgefaßt werden darf. In der Tat beruht die euklidische Geometrie auf *zwei willkürlichen Vorurteilen*, deren erstes eben *Riemann*, deren zweites *Weyl* aufgedeckt hat.

Welche diese beiden Vorurteile sind, werden wir am ehesten erkennen, wenn wir uns zunächst auf den einfachen Fall einer zweidimensionalen Geometrie beschränken. Jeder Gebildete kennt die elementaren Sätze der sogenannten *Planimetrie*, wie beispielsweise den Satz, daß die Winkelsumme in einem Dreieck 180 Grad beträgt. Aber jeder, der einmal etwas von sphärischen Trigonometrie gehört hat, weiß auch, daß eine zweidimensionale Geometrie ebensowohl wie in einer Ebene auch auf einer *gekrümmten Fläche*, z. B. auf einer Kugelfläche möglich ist; er weiß auch, daß in einer derartigen Geometrie im allgemeinen *andere Sätze*[13]) gelten als in der Planimetrie, daß z. B. die Winkelsumme in einem sphärischen Dreieck stets größer ist als 180 Grad.

Auch der Laie wird nun — man möchte fast sagen, instinktiv — erkennen, wodurch die ebene Geometrie vor allen anderen Geometrien auf gekrümmten Flächen als Sonderfall ausgezeichnet ist. *Nur in der ebenen Geometrie* hat es einen Sinn, von *Richtungen schlechthin* zu sprechen; in jeder anderen krummlinigen Geometrie kann man nur von einer *Richtung in einem bestimmten Punkte* sprechen. Ziehen wir auf einer Tafelebene eine durch irgend einen Punkt gehende Gerade, dann können wir ohne weiteres durch einen ganz beliebigen anderen Punkt in der Tafelebene eine Gerade ziehen, die dieselbe Richtung hat wie die erste Gerade. Auch der Laie erkennt sofort, daß auf einer beliebig gekrümmten Fläche eine derartige Aufgabe im allgemeinen keinen Sinn hat. In der Tat, denken wir uns etwa auf einem recht großen Globus, der die Erde darstelle, an der Stelle der Stadt Wien eine kleine Nadel in der Richtung des Meridians gelegt; die Nadel sei so klein, daß wir davon absehen können, daß sie sich nicht völlig an die Globusfläche anschmiegt; die Nadel wollen wir dann im Meridian verschieben, bis sie bei dem nördlichen Polarkreis angelangt sei. Dann erscheint es uns, die wir räumlich zu sehen vermögen, ganz klar, daß die Nadel jetzt eine *andere Richtung* hat als früher in Wien. Und doch haben wir die Nadel auf der Globusfläche *in ihrer eigenen Richtung* von Wien bis zu dem Polarkreis verschoben, so daß also vom Standpunkte der zweidimensionalen Geometrie aus mit vollem Rechte behauptet werden kann, daß sich die Richtung der Nadel *nicht geändert* habe.

Noch deutlicher erkennen wir die Unbestimmt-

[9]) Bezeichnet man die vier Achsen mit 1, 2, 3, 4, so bezeichnet man die Komponenten eines derartigen Tensors (dieses Wort wird auch in einem viel weiteren Sinne gebraucht) durch die Indizes 11, 22, 33, 44, 12, 13, 14, 23, 24, 34.

[10]) *Riemanns* mathematische Werke (2. Aufl. Leipzig 1892), Nr. XIII.

[11]) Vgl. die in Anm. 3 zitierte Schrift.

[12]) „Gravitation und Elektrizität", Sitzungsber. d. Berliner Akademie, 1918, S. 465—480.

[13]) Außer in der Ebene selbst gelten die Sätze der Planimetrie auch auf solchen Flächen, die durch Verbiegung einer ebenen Fläche erzeugt werden können. Dies trifft z. B. für eine Zylinder- oder Kegelfläche, nicht aber für die Oberfläche einer Kugel oder eines Eies zu.

heit der Richtung, wenn wir uns auf dem Globus zwei Kurven zeichnen, die von Wien nach Paris führen mögen; die eine Kurve werde so konstruiert, daß sie über Amsterdam, die andere so, daß sie über Rom führe. Wir verschieben in beiden Fällen die Nadel längs der betreffenden Kurve derart, daß der Anfangspunkt der Nadel in der Kurve fortwandert, während die Nadel selbst *parallel zu sich verschoben* wird. Wir werden dann finden, daß in den beiden Fällen die Nadel bei ihrem Einlangen in Paris eine verschiedene Richtung hat[14]).

Schon diese kurze Überlegung läßt uns erkennen, daß auf einer gekrümmten Fläche eine *mathematische Theorie gerichteter Größen* jedenfalls komplizierter sein muß als in der ebenen Geometrie. Zunächst einmal können wir auf einer gekrümmten Fläche offenbar überhaupt nicht mehr „Ferngeometrie" betreiben wie in der Ebene, sondern nur noch sogenannte *„Nahegeometrie"*. Aber selbst wenn wir uns mit der Nahegeometrie begnügen, so müssen wir offenbar erst in den Stand gesetzt werden, überhaupt *Richtungen in zwei benachbarten Punkten miteinander vergleichen* zu können. Ist nämlich A irgend ein Punkt und B ein ihm, wie man sagt, unendlich naher, und ist uns irgend eine Richtung im Punkte A gegeben, dann müssen wir, um überhaupt auch nur Nahegeometrie betreiben zu können, wissen, welche Richtung im Punkte B der gegebenen Richtung im Punkte A als *„gleiche* Richtung" *entspricht*. Es ist klar, daß wir dies nur wissen können, wenn uns im Punkte A eine Größe gegeben ist, die gewissermaßen die Art der *Richtungsübertragung* von dem Punkte A zu einem benachbarten bestimmt. Diese Größe erweist sich als eine *Tensorgröße* in dem vorhin angegebenen (engeren) Sinne.

Gauß hat nun bereits die bedeutungsvolle Entdeckung gemacht, daß durch diesen Tensor Kurvenlängen, Winkelgrößen, Flächeninhalte von Figuren bestimmt sind; daß daher auch umgekehrt der Tensor durch Ausmessungen an der betreffenden Stelle der Fläche ermittelt werden kann, ohne daß man irgend etwas darüber zu wissen braucht, wie die Fläche in den Raum „eingebettet" ist. Man nennt darum den Tensor, weil er erst die Maßverhältnisse, weil er erst die sogenannte Metrik bestimmt, den *metrischen Fundamentaltensor;* in einer allgemeinen Flächengeometrie haben wir nun natürlich den metrischen Fundamentaltensor als von Stelle zu Stelle in stetiger Weise verschieden anzusehen, so daß also dann die betreffende Fläche zugleich das *Feld* ihres eigenen metrischen Fundamentaltensors darstellt. Ist uns dieses Feld gegeben, so können wir dann, ohne irgend etwas über die Gestalt der Fläche zu wissen, in der Fläche Geometrie betreiben. Die sogenannte euklidische Geometrie erscheint aber als Spezialfall der allgemeinen Flächengeometrie dadurch charakterisiert, daß in ihr die Komponenten des metrischen Fundamentaltensors in jedem Koordinatensystem überall eins oder null sind[15]).

Bisher haben wir nur von zweidimensionaler Geometrie gesprochen; und zwar mit Absicht, weil wir uns eben nur bei zweidimensionalen Mannigfaltigkeiten anschaulich vorstellen können, wie sie in eine Mannigfaltigkeit von einer um eins höheren Dimension eingebettet sind. Bei dreidimensionalen Mannigfaltigkeiten fehlt uns bereits die Möglichkeit einer analogen anschaulichen Vorstellung. Aber schon *Riemann* hat erkannt, daß auch unsere übliche räumliche Geometrie nur als Spezialfall einer viel allgemeineren dreidimensionalen Geometrie angesehen werden darf, in der eben auch der metrische Fundamentaltensor von Stelle zu Stelle verschieden wäre; und was für die dreidimensionale Geometrie gilt, das gilt, wie auch schon *Riemann* wußte, ebenso für jede Geometrie von beliebiger Dimensionszahl. Die Zahl der Komponenten des metrischen Fundamentaltensors ist dabei stets gleich der Summe aus der Zahl der Koordinatenachsen und der Koordinatenflächen; in der zweidimensionalen Geometrie hat also der Fundamentaltensor drei, in der dreidimensionalen sechs, in der vierdimensionalen zehn Komponenten.

Das erste willkürliche Vorurteil der euklidischen Geometrie besteht nun, wie wir gesehen haben, darin, daß in ihr von Richtungen schlechthin gesprochen wird, während in einer voraussetzungslosen Geometrie nur von einer Richtung in einem bestimmten Punkte gesprochen werden darf; und wenn wir das eine der euklidischen Geometrie zugrundeliegende Vorurteil so formulieren, dann werden wir ganz von selbst zu der Erkenntnis des zweiten Vorurteils geführt, das eben erst 1918 *Weyl* in der Geometrie aufgedeckt hat. Dieses zweite Vorurteil besteht darin, daß wir in der klassischen und auch noch in der Riemannschen Geometrie von Längen schlechthin sprechen, statt uns darauf zu beschränken, immer nur von einer *Länge in einem bestimmten kleinen Bereiche* zu reden. Wenn es, wie wir gesehen haben, im allgemeinen keinen Sinn hat, von einer Richtung in einem Punkte zu behaupten, daß sie dieselbe sei wie die in irgend einem entfernten Punkte, dann muß uns wohl eigentlich auch die Behauptung sinnlos erscheinen, daß zwei kurze Strecken, die man in zwei entfernten Bereichen zieht, dieselbe Länge hätten. Ebenso wenig wie Richtungen können in einer konsequent durchgeführten *Nahegeometrie* im allgemeinen Längen mit einander verglichen werden[16]).

[14]) In der Sprache der Mathematik drückt man diese Tatsache durch den Satz aus, daß in einer nicht ebenen Geometrie das Problem der Richtungsübertragung nicht integrabel sei.

[15]) Eins sind die Komponenten, bei denen derselbe Index zweimal vorkommt, null die übrigen (vgl. Anmerkung 9).

[16]) In der Sprache der Mathematik ausgedrückt: Ebensowenig wie die Richtungsübertragung ist im allgemeinen die Längenübertragung integrabel.

Sind uns zwei einander nahe Punkte A und B gegeben und denken wir uns um jeden der Punkte je einen ganz kleinen Bereich beliebig abgegrenzt, dann müssen wir erst in den Stand gesetzt werden, anzugeben, wie lang eine Strecke im zweiten Bereich sein müsse, damit ihre Länge als gleich groß angesehen werden darf wie die einer Strecke im ersten Bereich. Mit anderen Worten, ist uns für den ersten Bereich eine *Längeneinheit als Maßstabseinheit* gegeben, so müssen wir erst wissen, welche die Maßstabeinheit in dem zweiten Bereiche ist. Es muß uns im Punkte A eine Größe gegeben sein, die die *Übertragung der Maßstabseinheit* von dem um den Punkt A gelegenen Bereich zu einem beliebigen benachbarten Bereich bestimmt. Diese Größe erweist sich bei der näheren Untersuchung als eine *Vektorgröße*. Wir können sie vielleicht zweckmäßig den *Maßstabvektor* nennen. Eine wirklich allgemeine Geometrie können wir somit erst betreiben, wenn uns für jede Stelle außer dem metrischen Fundamentaltensor *überdies* noch der Maßstabvektor gegeben ist.

Was nun für jede Geometrie von beliebiger Dimensionszahl gilt, gilt natürlich auch für die vierdimensionale Minkowskiwelt. Auch in ihr ist eine allgemeine voraussetzungslose Geometrie nur dann möglich, wenn wir für jede Stelle in ihr wissen, wie dort die Übertragung der Maßstabeinheit zu erfolgen hat; mit anderen Worten, wenn wir für jede Stelle die Werte des zehnkomponentigen metrischen Fundamentaltensors und des vierkomponentigen Maßstabvektors kennen.

Andererseits haben wir aber nun früher gesehen, daß die ganze Physik darauf beruht, daß die Minkowskiwelt aufgefaßt werden kann als Feld eines zehnkomponentigen Tensors, des Gravitationspotentials und zugleich eines vierkomponentigen Vektors, nämlich des elektromagnetischen Viererpotentials. Es ist nun wohl ein naheliegender Gedanke, den *physikalischen Begriff* des Gravitationspotentials zu *identifizieren* mit dem *mathematischen* Begriff des metrischen Fundamentaltensors und ebenso den physikalischen Begriff des elektromagnetischen Potentials zu identifizieren mit dem mathematischen Begriff des Maßstabvektors; und wenn wir diese beiden Identifizierungen vornehmen, vermögen wir in der Tat die Physik als geometrische Notwendigkeit zu begreifen. Denn auf Grund dieser Auffassung erscheint uns die Möglichkeit einer wahrhaft allgemeinen Geometrie geknüpft an die Existenz eines Gravitationsfeldes und eines elektromagnetischen Feldes.

Geometrie und Physik erscheinen derart in einem unlösbar engen Zusammenhang. Elektrische Ladungen und gravitierende Massen bestimmen die Geometrie der Minkowskiwelt. Aber auch die umgekehrte Auffassung ist berechtigt, daß nämlich die Geometrie der Minkowskiwelt von vornherein gegeben wäre, indem man etwa wüßte, wie die vierdimensionale Minkowskiwelt in eine fünfdimensionale Mannigfaltigkeit eingebettet ist, genau so wie eine gekrümmte Fläche in den Raum. Dann könnte man wiederum z. B. das scheinbare Auftreten von gravitierenden Massen auf die Art dieser Einbettung zurückführen.

Aber nicht nur die Existenz des elektromagnetischen und des Gravitationsfeldes erscheinen als geometrische Notwendigkeit. Auch für die *Gesetze* der beiden Felder, die in bestimmten *Gleichungen* ihren Ausdruck finden, läßt sich ein plausibler mathematischer Grund angeben. In der allgemeinen Riemann-Weylschen Geometrie spielt nämlich eine bestimmte Größe[17]) deshalb eine wichtige Rolle, weil ihr Verschwinden die notwendige und hinreichende Bedingung dafür ist, daß die allgemeine Riemann-Weylsche Geometrie in den ausgezeichneten Sonderfall der klassisch-euklidischen übergeht[18]). Aus dieser Größe kann man durch eine einfache Rechenoperation das sogenannte Quadrat ihres Betrages bilden und dieses dann über ein beliebiges Gebiet in der Minkowskiwelt integrieren. Dieses Intregal könnten wir dann etwa das in dem betreffenden Weltgebiet enthaltene *geometrische Quantum* nennen.

Machen wir nun die Annahme, daß sich das geometrische Quantum *nicht ändere*, wenn innerhalb des Gebietes eine der zehn Komponenten des metrischen Fundamentaltensors oder eine der vier Komponenten des Maßstabvektors beliebig *variiert* wird[19]), so erhalten wir *vierzehn Gleichungen*, die auf Grund der vorhin besprochenen Identifizierungen anzusehen sind als die *Grundgleichungen des Gravitationsfeldes* und die Grundgleichungen des *elektromagnetischen Feldes*[20]). Es sind also die Gleichungen, auf denen das ganze System der modernen theoretischen Physik aufgebaut ist.

Aus dem rein mathematischen Postulat, das die besprochene ausgezeichnete Eigenschaft des geometrischen Quantums ausdrückt, ergibt sich ein bestimmter Zusammenhang, der an jeder Stelle den metrischen Fundamentaltensor mit dem Maßstabvektor verknüpft. In physikalischer Hinsicht erscheint dieser Zusammenhang als *Beziehung zwischen Gravitation und Elektrizität*. In dieser Hinsicht führt die Weylsche Theorie zu einem sehr interessanten neuen Ergebnis. Sie vermag nämlich (worauf hier nicht näher eingegangen werden kann) zu zeigen, daß der aus der Experimentalphysik bekannte Satz von der *Unerschaffbarkeit* und *Unzerstörbarkeit der Elektrizität* eine

---

[17]) Es ist ein sogenannter Tensor vierten Ranges.

[18]) Dann wird (vgl. Anm. 14) sowohl die Richtungs- als auch die Längenübertragung integrabel; ersteres wäre in einer gravitationslosen, letzteres in einer elektrizitätslosen Welt der Fall.

[19]) „Innerhalb" des Gebietes bedeutet, daß an den Grenzen des Gebietes nicht variiert werden soll.

[20]) Der Grundgedanke dieses Prinzips stammt von *Mie* und wurde dann von *Hilbert* und schließlich von *Weyl* weiter ausgestaltet.

notwendige Konsequenz des Gravitationsgesetzes ist, das den Lauf der Planeten bestimmt[21]).

Aber noch in anderer Hinsicht eröffnet die neue Auffassung einen höchst bedeutungsvollen Ausblick. Die Größe, die wir das geometrische Quantum nannten, ist eine *reine Zahl.* Interpretieren wir nun eben den metrischen Fundamentaltensor als Gravitationspotential und den Maßstabvektor als elektromagnetisches Potential, so erscheint in physikalischer Hinsicht das geometrische Quantum als eine noch mit der konstanten Lichtgeschwindigkeit multiplizierte sogenannte *Wirkung,* wobei man bekanntlich unter einer Wirkung das Produkt aus einer Energie und einer Zeit versteht.

Nun ist aber im Beginn des 20. Jahrhunderts eine neue Theorie entstanden, die zu den großartigsten Erfolgen in vielen Zweigen der Physik, namentlich in der Atomtheorie, geführt hat. Es ist die sogenannte *Quantentheorie,* die sich auf die Annahme gründet, daß die mit bestimmten physikalischen Erscheinungen verbundene Wirkungsmenge ein *ganzzahliges Vielfaches* eines sogenannten *elementaren Wirkungsquantums* sei. Da aber in mathematischer Hinsicht die noch mit der konstanten Lichtgeschwindigkeit multiplizierte Wirkung nach dem eben Gesagten als eine reine Zahl erscheint, so erscheint die Frage nach der Grundlage der Quantentheorie wiederum auf das engste verknüpft mit dem Grundproblem der *Arithmetik,* mit der Frage nach dem *Wesen der Zahl.*

Immer deutlicher wird so die Erkenntnis, daß die Grundlagen der Physik dieselben sind wie die der Mathematik. Durch die Physik erst erhält die allgemeine Geometrie einen Sinn und einen Inhalt; und umgekehrt ist vielleicht die Physik nichts anderes als die in eine andere Sprache übersetzte Geometrie der vierdimensionalen Mannigfaltigkeit, die wir durch die Art unserer Interpretation in Raum und Zeit spalten.

[21]) Auch die Identität der schweren und der trägen Masse ist in gewissem Sinne eine Folge dieses Zusammenhanges zwischen Fundamentaltensor und Maßstabvektor.

Bei dem aussterbenden Inselvolk der Neu-Mecklenburger (Neu-Guinea).

Von L. Külz, z. Zt. Berlin.

Unsere ehemalige Kolonie Neu-Guinea mit ihren Hunderten über den Stillen Ozean hingestreuten Inseln umschließt drei ethnographisch, geographisch und kulturell weit voneinander verschiedene, in sich aber einheitliche Zonen.

Im Norden die wegen der Kleinheit ihrer Eilande als *Mikronesien* bezeichnete Inselwelt, von einem einseitig aber hochentwickelten braunen Menschenschlag bewohnt mit malayischen Zügen seiner Rasse; im Süden der deutsche Anteil jener Australien vorgelagerten größten Insel der Welt: *Neu-Guinea,* die unserem ganzen Schutzgebiete den Namen gab, die Heimat der schwarzen Papuas, die auf tiefster Kulturstufe verharrten. Mitten zwischen beiden eine Gruppe großer und kleiner Inseln, vorzugsweise auch von Schwarzen besiedelt und deshalb *Melanesien* benannt, wofür seit der deutschen Schutzherrschaft sich die Bezeichnung Bismarckarchipel eingebürgert hatte, die in ihrer Eigenkultur zwar tiefer stehen als die Mikronester, aber höher als die Papuas.

Eine der größten ihrer Inseln ist Neu-Mecklenburg, das als der am besten verwaltete Bezirk unseres ganzen dortigen deutschen Besitzes galt, mit den am besten disziplinierten Eingeborenen.

Auch in der wirtschaftlichen Entwicklung war er am weitesten erblüht, seine Kokosnußpflanzungen lieferten die im Export glänzend rentable Kopra, eins der hauptsächlichsten bei uns in Deutschland für die Margarinefabrikation verwandten Pflanzenfette. Regierungsbeamte, Pflanzer und selbst die Missionare waren mit ihren Erfolgen dort zufrieden.

Und was hatte ich unter diesen Insulanern zu suchen? Der Grund meines Verweilens war eine schwere Gefahr, die trotz aller glänzenden Fortschritte dem Lande drohte, denn gerade sein wertvollstes Aktivum, sein unersetzliches organisches Stammkapital, seine Eingeborenen, arbeiteten mit Unterbilanz und konnte seinen Bestand nicht wahren. Hier war, wie man glaubte, das Drama des Völkertodes in der Entwicklung begriffen, dasselbe tragische Geschick, das sich auf anderen Inseln dieser östlichen Welt bereits bis zum völligen Aussterben abgespielt hatte.

Als Leiter einer vom Reich zu jenen Naturmenschen entsandten Expedition hatte ich die Aufgabe, alle grundlegenden Bevölkerungsfragen für die ganze Kolonie klarzulegen und auf den gewonnenen Ergebnissen fußend, da, wo es nötig war, die Arbeiten zur Beseitigung der festgestellten Gefahren einzuleiten.

Die erste Hälfte unseres Programms war in nahezu einjähriger Forschungsarbeit erfolgreich beendet, als der Krieg ausbrach und ihre weitere Durchführung unterband. Für unsere melanesischen Inseln zeigte sich, um das Ergebnis mit kurzen Worten vorweg zu nehmen, nicht nur ein beginnender, sondern im vollsten Zuge befindlicher Niedergang, bei dessen fortgeschrittenen Stadien es mindestens zweifelhaft sein mußte, ob überhaupt noch Hoffnung auf Erfolg war. Die Neumecklenburger waren zwar weder das erste aussterbende Volk, das ich traf, noch blieb es das letzte; aber viele gerade nur bei ihnen gefundene Eigenarten stempeln sie zu einem gewissen, besonders interessanten Typ.

An Stelle der unsicheren, früher üblich gewesenen Schätzungen mit ihren groben Fehlern und zur Ergänzung der noch sehr rudimentären Anfänge der amtlichen kolonialen Bevölkerungsstatistik mußte zuverlässiges Zahlenmaterial gewonnen werden durch Erhebung eigener Stichproben. Immer wurde gleichzeitig als zweite, eng

damit verbundene Aufgabe ein statistisch gesicherter Überblick über die Volkskrankheiten erstrebt. Wo sich keine zufällige äußere Gelegenheit bot, wie die Steuererhebungen der Regierung oder die Kirchenbücher der Missionare, war der von mir bevorzugte Weg der Materialbeschaffung der, daß ich in den Dörfern der durchreisten Landschaft möglichst viel Frauen und Kinder um mich sammelte. Aus dieser Quelle konnte ich nicht nur nach Belieben statistische Auskünfte schöpfen, sondern ich sah dabei ganz von selbst auch die völkerkundlichen Eigenarten des Stammes, seine Gebräuche und Stammessitten, die Spiele der Naturmenschen, ihre Trachten und ihren Schmuck; und auch das Gebiet ihrer Pathologie war von hier aus bequem zu betreten. Handelte es sich, wie gerade dort in Neu-Mecklenburg, um eine ganze Expedition, so fanden meistens auch andere ihrer Mitglieder gerade in diesen bunten um mich versammelten Menschenhaufen das von ihnen gewünschte Objekt ihres ethnographischen, anthropologischen oder auch künstlerischen Sonderinteresses.

Die beigegebene Tabelle bringt unter gelegentlichen vergleichenden Hinweisen auf das entsprechende Gebiet Deutschlands als eines Kulturstaates das damals gewonnene Zahlenmaterial in Gegenüberstellung mit dem eines anderen ganz naheverwandten Stammes, der Kanaker auf der Gazellehalbinsel Neupommerns, den Vertretern eines gewissermaßen biologisch noch normalen Eingeborenenstammes.

Tabelle I.

	Gazelle-Halbinsel	Neu-Mecklenburg	Bemerkungen
Zahl d. in Stichproben registr. Frauen	471	305	
Ihre Geburtenzahl.	1881	596	
Also allgem. Fruchtbarkeit	ca. 4	knapp 2	
Frauen jens. Menopause	208	154	
Ihre Geburtenzahl.	1135	394	
Also absol. Fruchtbarkeit	5,4	2,5	in Preußen ca. 4,5
Es verblieb absol. Aufzucht	2,3	1,7	in Deutschland über 3
Sterile Frauen	5 %	22 %	
Kinder in % der Gesamtbevölkerung..	37 %	25 %	in Deutschland 35 %
Geschlechtsproport. der Kinder ♀ : ♂..	100 : 121	100 : 124	bei uns 100 : 105

Alle die statistisch eigenartigen, einzelnen Züge im Volksaufbau der Neumecklenburger, die wir gleich noch schärfer beleuchten werden, vereinigen sich zu dem charakteristischen Gesamtbilde eines sterbenden Stammes, aber mehrere von ihnen sind so beschaffen, daß jedes ganz allein schon den Beweis für sein verhängnisvolles Schicksal liefern könnte. So kann ein Volk, bei dem sich eine durchschnittliche Aufzucht von nur 1,7 lebenden Kindern für eine Frau jenseits der Gebärgrenze herausstellt, seinen Bestand nicht wahren; und wenn unter der gesamten Bevölkerung die Kinder nur mit 25 Prozent beteiligt sind, so wird auch dadurch diese Unmöglichkeit schon bewiesen.

Wenn wir uns jetzt nacheinander alle von mir als bedeutsam in die Tabelle aufgenommenen Werte genauer ansehen, so möge die sogenannte *Geschlechtsproportion* den Anfang machen: die Verhältniszahl zwischen den Vertretern des männlichen und weiblichen Geschlechts, sei es für die Erwachsenen, sei es für die Kinder, sei es für die Neugeborenen.

Bei allen Völkern Europas finden wir bekanntlich, daß ganz regelmäßig und nur wenig in der Stärke schwankend ein geringer Knabenüberschuß geboren wird (auf 100 Mädchen 105 Knaben). Die „Masculinité" der Menschheit, wie es *Bertillon* in der schlagwortsicheren Art der Franzosen benannt hat. Dies Verhältnis nun weicht in der ganzen Südsee erstens ab durch eine viel geringere Konstanz ihres Wertes bei den einzelnen Völkern; aber noch weit auffälliger ist zweitens, daß dieser Knabenüberschuß, absolut betrachtet, ganz bedeutend emporschnellt, am höchsten gerade bei unseren Neumecklenburgern. Über die Gründe und die Bedeutung dieser Eigenart ist viel vermutet, aber noch nichts Endgültiges festgestellt worden. Das aber, was empirisch als sicher angenommen werden kann, ist, daß ein solch starkes Ansteigen der Maskulinität ein signum mali ominis für das betreffende Volk bedeutet. Wo andere aussterbende Völker statistisch beobachtet wurden, ist es stets vorhanden gewesen, so bei dem bekanntesten Beispiel der Tasmanier und bei den jetzt noch in der Agonie liegenden Urbewohnern Australiens.

Wenn ich selbst längere Zeit vergeblich mich bemüht habe, auch eine in jeder Beziehung befriedigende Theorie zur Erklärung zu finden, so tröste ich mich damit, daß der größte aller naturwissenschaftlichen Wahrheitsucher, *Darwin*, schon resigniert die Betrachtungen über diese ihm bekannt gewordene Tatsache mit den Worten schließt: „Ich erkenne jetzt, die Frage ist so verwickelt, daß man ihre Lösung besser der Zukunft überläßt." Viel Verlockendes hat eine Annahme des englischen Forschers *Marshall*, der in einem lange Zeit fortgesetzten Mädchenmorde die Ursache sieht, wie er tatsächlich bis in die letzten Jahrzehnte hinein dort weit verbreitet geübt wurde, und durch die Familien mit der Tendenz zu starker Knabenproduktion allmählich ins Übergewicht kommen mußten gegen die mit überwiegender Produktion von Mädchen. In schematischer Vereinfachung würde man sich nach ihm z. B. 3 Familien denken können mit je 6 Kindern, wobei die eine Mutter nur Töchter,

die andere nur Söhne und die dritte je 3 Söhne und Töchter gebar. In einem Lande mit der Sitte des Mädchenmordes würde Nr. 1 vielleicht 4 Töchter töten, Nr. 2 läßt alle ihre hochwertigen Knaben am Leben und Nr. 3 tötet vielleicht 2 ihrer Mädchen. So bekommen wir 9 Söhne und 3 Töchter, die den Stamm fortzupflanzen haben. Dabei gehören jene zu Familien, die für Knabenproduktion veranlagt sind, diese zu Familien mit gegenteiliger Erbanlage. Von Generation zu Generation würde durch wiederholten Mädchenmord diese Tendenz immer mehr verstärkt werden, bis endlich Familien herangezüchtet sind und durch sie ganze Volksstämme, bei denen im Durchschnitt mehr Knaben als Mädchen erzeugt werden.

Nicht unwichtig auf dem Wege zu einer Erklärung scheint mir die bisher dabei nicht näher verfolgte Tatsache, daß auch in Europa unter *einer* Bedingung ganz dasselbe gewaltige Ansteigen der Maskulinität beobachtet wird, das ist bei den *Totgeburten.* Mit anderen Worten: wir haben bei uns für die minderwertigen, lebensschwachen Früchte des Weibes dasselbe Verhältnis, wie es dort die Regel ist. Verlockend nahe liegt es daher, die Erscheinung als ein signum mali ominis einzuschätzen. Während nun bei uns der männliche Überschuß sich bereits in den ersten beiden Jahrzehnten durch erhöhte Knabensterblichkeit ausgleicht und später sogar in das Gegenteil verwandelt, besteht diese dort zwar auch, genügt aber nicht zum Ausgleich, sondern wir haben durchweg für diese Völker einen dauernd sich erhaltenden Männerüberschuß.

Ein untrüglicheres Zeichen aber für den Niedergang unseres Volkes als dieses finden wir in der *Aufzuchtszahl* unserer Tabelle. Wir verstehen unter *allgemeiner Fruchtbarkeit* die durchschnittliche Gebärleistung der Frau ohne Rücksicht auf ihr Durchschnittsalter, unter *absoluter,* die Durchschnittsleistung für die jenseits der Gebärgrenze, also Menopause, angelangten Weiber oder, wie man sich auch ausdrückt, in den „stehenden Ehen". Diese betrug bis zum Kriege etwa 4,5 in Preußen. Zieht man von diesem Betrag die durch Kindersterblichkeit verursachten Verluste ab, so bekommt man die allgemeine oder absolute *Aufzucht,* die uns unmittelbar einen prognostischen Schluß auf Vermehrung oder Abnahme gestattet und für uns in der Zahl von 1,7 bei den Neu-Mecklenburgern die Unterbilanz ihrer Menschenökonomie beweist. Welches sind nun ihre Gründe? Ist es ein nicht Nichtgebären-können oder ein Nicht-wollen? Wie steht es mit der Ehefreudigkeit? Oder ergibt sich vielleicht die Abnahme aus einer übergroßen Sterblichkeit? Unsere weiteren Zahlen der Tabelle führen uns zur Antwort auf diese wichtigen Fragen. An sich wird bei allen Naturvölkern die Gebärfähigkeit des Weibes in ganz ungleich höherem Maße als bei uns durch einen doppelten Vorzug, den sie besitzen, ausgenutzt. Sie haben erstens die Frühehe, da es für die Erlaubnis zu ihr nur eine Bedingung gibt, das ist die an der Menstruation zu erkennende Reife. Es fehlt aber ferner auch dem Naturvolk die Kulturerscheinung der alten, sitzengebliebenen Jungfer und die der jungen Witwe. Selbst bei großem Frauenüberschuß wird dieser durch Vielweiberei absorbiert. Trotzdem diese niedrigen Aufzuchtswerte! Sehen wir die Zahl der sterilen Frauen an, so haben wir in 22 % einen für ein Naturvolk ganz außergewöhnlich hohen Wert, der hier begründet ist in der Sterilität durch die als Kulturbegleiterin aufgetretene Gonorrhoe.

Zu diesen Totalsterilen treten noch eine ganze Zahl von sterilen Ehen nach dem ersten Kinde, wie sie ja als Folge der Gonorrhoe charakteristisch sind. Aber wir haben auch zum Teil ein Nicht-gebären-wollen und seine Betätigung durch *Fruchtabtreibung.* Sie war zweifellos den Naturvölkern längst bekannt, wurde aber im Urzustande, fast kann man sagen in rassedienlicher Endwirkung geübt. Teils als „regulatorische", wo man bei starker Bevölkerungszunahme das Gespenst der Übervölkerung und Hungersnot vor Augen sah und ihm nicht, wie z. B. auf entlegenen Inseln, durch Abwanderung ausweichen konnte; teils als die „Fruchtabtreibung der ersten Kinder", gewissermaßen ein Korrektiv der bei dem zu frühen Geschlechtsverkehr gezeugten minderwertigen Erstlingsfrüchte. Im übrigen aber regelte zwar nicht eine bewußte Moral oder ein Staatsgesetz die Frage des künstlichen Aborts, wohl aber der Ersatz beider, den wir in starrem Zwange das ganze Leben der Naturvölker regeln sehen: die *Stammessitte,* durch die ihr Triebleben gezügelt war. Unter dem Einfluß der Kultur aber wurden sehr bald die Zügel locker, und als erster starker menschlicher Trieb riß sich der Geschlechtstrieb los und erschütterte das ganze Gleichgewicht des früher streng geregelten Ehe- und Geschlechtsverkehrs. Zu den beiden im Stammesbrauch erlaubten Motiven traten sehr bald oberflächlichere, und schließlich genügte die Unlust der Frau am Kinderaufziehen als Beweggrund. Männer und Frauen hatten während ihrer Arbeitszeit auf den Pflanzungen des Europäers die pflichtenlosen Freuden des ungebundenen Liebeslebens kennengelernt und bewahrten sich ihre Vorliebe auch nach Rückkehr in ihre Heimatdörfer. Der Erfolg ist nicht ausgeblieben. Der Kulturwandel führte aber noch weitere Erscheinungen heran, die den Mechanismus der Bevölkerungsbewegung in Unordnung brachten und die Gesamtleistung der Aufzucht herabsetzten; denn im Gefolge der weißen Kulturvermittler, vor allem jener ersten, lange vor der deutschen Herrschaft erscheinenden, die keiner Stelle für ihr Tun und Treiben verantwortlich waren, erhoben auch andere Gesundheitsfeinde als die venerischen ihr Haupt und fanden in diesen unvorbereiteten Naturvölkern eine leichte Beute. Ihre Jahrhunderte hindurch nicht gestörte insulare

Abgeschlossenheit hatte als vortreffliche natürliche Quarantäne dazu geführt, daß die Infektionskrankheiten von selbst verschwanden, indem durch die natürliche Auslese, welche die Empfänglichen wegraffte und die mit der besseren Widerstandskraft ihre besseren Eigenschaften vererben ließ, ihr Charakter immer milder wurde und alle Bösartigkeit verlor, wie etwa bei der Malaria; oder indem die in kurzer Zeit erreichte Durchseuchung aller Inselbewohner eine allgemeine Immunität bewirkte. So toben sich im Urzustande Epidemien unbekämpft vom Menschen aus und erlöschen schließlich aus Mangel an empfänglichen Individuen. Diese höchst vollkommene natürliche Anpassung und Seuchenfreiheit war von hervorragendem Nutzen für die Volksgesundheit, solange die Abgeschlossenheit erhalten blieb, aber von dem Augenblick an, als ihre Schranken vom Verkehr durchbrochen wurden, mußte sie ihnen zum Verhängnis werden, denn nun fanden die Keime neu eingeführter Seuchen einen jungfräulichen Boden vor, auf dem sie in üppigster Entwicklung emporschossen und die Zahl der Gesundheitsfeinde um viele vermehrten. Es hatte sich, wie man wohl sagen darf, eine „insulare endogene Disposition" ausgebildet für den Aussterbeprozeß, der in Gang gebracht wurde zeitlich und ursächlich durch die von außen „exogen" gegen die Hilflosen anstürmenden Kulturschäden. Bei dem ganzen Vorgang drängt sich direkt der Vergleich mit dem Entstehen und der Dynamik einer niedergehenden Lawine auf, bei der auch ganz allmählich durch die zermürbende Kraft des milden Tauwindes die Disposition der Schneemassen geschaffen wird, bis eines Tages irgendein äußerer Anstoß sie zum unaufhaltsamen Sturz in die Tiefe bringt. Auch für die Einleitung des Völkertodes genügt oft nur eine einzige Erschütterung. Wie bei der Lawine ein davonfliehendes Wild, so hier vielleicht ein zu flüchtigem Besuch erscheinender Dampfer.

Der Hauch der westlichen Kultur war es bei unseren Primitiven, der ihre lockere Masse vorbereitete, und die einzelne spezielle Kraft, die gerade hier den Niedergang auslöste, war jener Europäerdienst. Spinnen wir den Vergleich mit der Lawine noch weiter, so sehen wir bei ihr, wie bei dem in die Tiefe stürzenden Naturvolk, daß nur eine einzige bestimmte Stelle in Bewegung versetzt werden kann, während zu beiden Seiten die gleiche Masse in völliger Ruhe verharrt, weil sie von der auslösenden Kraft verschont bleibt; wir sehen aber auch im Gegenteil, daß in der ganzen Breite der Fläche die Masse ins Verhängnis einbezogen wird; und hier wie dort kann nach der ersten noch eine zweite und mehrfache Kraft das Verhängnis immer von neuem beleben.

Bei unserer Insel nun war es nicht nur der Fortpflanzungsmechanismus, der erschüttert worden ist und zu Unterfruchtigkeit des Volkes führte, sondern es kam bezeichnenderweise ein zweites, in gleicher Richtung wirkendes Unglück hinzu, dessen wir noch kurz gedenken müssen; das war eine erhöhte allgemeine Sterblichkeit durch die sogenannten *Inselseuchen*. Sie suchten das Volk in doppelter Gestalt auf, teils einem schweren, vernichtenden Wettersturm vergleichbar als Epidemie frisch eingeführter Seuchen mit hoher Sterblichkeit auf dem jungfräulichen Boden, teils als unbemerkt sich einschleichende Volkskrankheit. Von solchen schweren Inselepidemien, die während unserer Schutzherrschaft über Neu-Guinea die Eingeborenen heimsuchten, waren es vor allem die Dysenterie, der Typhus, eine neuritis infectiosa, Influenza bösartigster Form neben Masern, Varicellen und andere. Für uns klingt das Wort Masern z. B. harmlos als ein unvermeidlicher, aber gutartiger Störenfried in der kindlichen Gesundheit; für die farbigen Naturmenschen dort waren sie eine schwere Seuche mit hoher Sterblichkeit! Unter den zur endemischen Bedrohung gewordenen neuen Feinden stand zur Zeit unseres Aufenthalts die *Tuberkulose* voran, deren Verbreitungsstärke wir durch die Pirquetsche Hautimpfung ermittelten. Ihr Ergebnis erhellt aus Tabelle II. Ihre Zahlen beweisen bereits ein völlig anderes Bild, als es uns daheim vertraut ist, und dieser abweichende Charakter wird noch erheblich verstärkt, wenn wir außer den toten Zahlen die tuberkulösen Menschen betrachten. Die *Eigenarten der Südsee-Tuberkulose*, von denen wir nur die wichtigsten hier erwähnen wollen, sind begründet in ihrer erst kurzen Herrschaftsdauer. Diese verursacht, daß nicht wie bei uns die überwiegende Zahl der Kinder eine unter dem verhältnismäßig harmlosen Bilde der Skrophulose ablaufende Tuberkulose übersteht, die ihnen einen gewissen Immunitätsschutz fürs spätere Leben gibt, sondern hier sehen wir Skrophulose bis ins Greisenalter. Es fehlt ferner der Unterschied in den Erscheinungen der Kinder und Erwachsenen, und die ganze Krankheit verläuft weit mehr als bei uns unter dem Bilde einer akuten schweren Infektionskrankheit. Ausgeheilte Lungentuberkulose, die bei uns beinahe in 25 % aller Sektionen nachzuweisen ist, gibt es dort noch nicht. Wird einmal die Lunge ergriffen, so spielt sich die Krankheit weiter bis zum tödlichen Ende ab; und so bedeutet der positive Ausfall der Impfung nicht nur wie bei uns, daß der Betreffende irgend einmal eine Ansteckung sich zuzog, sondern sie kündet das Bestehen einer Infektion schwersten Charakters. So, wie wir jetzt die Tuberkulose dort vor uns sehen, gleicht sie einem erst im Aufmarsch befindlichen Feinde, der seine Vortruppen eingesetzt hat; aber wenn erst die Hauptmacht entwickelt sein wird, kann kein Zweifel an dem furchtbaren Ausgang unseres bedrohten Volkes sein. Leider hat gerade die Tuberkulose sich auch noch eines verhängnisvollen Bundesgenossen zu erfreuen, das ist eine andere, in größter Verbreitung endemische Volksplage, die Wurmkrankheit (Ankylostomiasis), die zwar glücklicherweise in leichten Fällen den

Wurmträger kaum zum Kranken macht, aber doch in allen höheren Graden durch die von ihr hervorgerufene Blutarmut der Tuberkulose Vorschub leistet. In einem solchen „pathologischen Synergismus", wie man es wohl nennen könnte, steht die Tuberkulose, wenn schon in schmaler Front, so doch gleich verhängnisvoll mit noch einigen anderen Vertretern der Pathologie Neumecklenburgs, mit der Dysenterie und mit der Malaria.

Tabelle II.

Ergebnis der kutanen Tuberkulinimpfung bei Eingeborenen von Neu-Mecklenburg (Bismarckarchipel).

	Zahl der Geimpften	Davon positiv	In %	Davon schwach +	Mittel ++	Stark +++
Männer....	247	109	49	41	38	30
Frauen	80	24	30	2	16	6
Kinder	58	5	8	2	3	0
Gesamtzahl	385	138	38	45	57	36

Wir haben also bisher bei unserem Überblick gefunden, wie eine verminderte Fortpflanzung und eine Bereicherung der Gesundheitsfeinde zur Unterbilanz der Bevölkerungsbewegung beitragen. Diese beiden gewissermaßen quantitativ wirksamen und zahlenmäßig zu verfolgenden Ursachen würden allein vollkommen bei dauerndem Bestehen genügen, um ein Volk zu vernichten. Aber es gesellt sich bei unserm Inselstamm, um das Verhängnis noch mehr zu beschleunigen, auch ein qualitatives Moment des Rückschrittes hinzu, wie man es mit dem Sammelbegriff der Degeneration, der Entartung, zu benennen pflegt. Diese Bezeichnung ist auch in unserem Falle zutreffend, wenn man nichts weiter mit ihr ausdrücken will, als daß der Durchschnittswert der Eigenschaften des betreffenden Volkes dauernd sinkt. Es braucht an sich ein aussterbendes Volk ebensowenig zugleich ein degeneriertes zu sein, wie eine aussterbende Familie oder Sippe; aber in der Wirklichkeit sehen wir, daß beide, Verminderung der *Zahl* und der *Güte* des Nachwuchses, sich in der Richtung des gleichen Endzieles, des Völkertodes, wirkungsvoll und so innig vereint fördern, daß es oft schwer hält, zu entscheiden, wie sich Ursache und Wirkung auf beide verteilen. Es würde zu weit führen, wenn wir den einzelnen, nicht wenigen Degenerationsspuren der Neumecklenburger nachgingen; aber es trifft sich günstig, daß sie gerade hier in ihrer Gesamtheit in dem Boden der verschlechterten Volksgesundheit wurzeln und diese mit dem Einsetzen des Kulturwandels in einer ganz bestimmten Richtung schädigen. Wie jeder einzelne Mensch ist auch jedes Volk ein Produkt seiner Erbanlagen (= Rasseneigenschaften) und der Umwelteinflüsse. Unter den einzelnen Bestandteilen *beider* Kräftegruppen finden wir auch die menschlichen Krankheiten überall auch bei uns an. Die Zahl der echten vererbbaren Rassekrankheiten ist gering gegenüber der anderen Gruppe der individuellen Leiden; aber in ihrer Dignität für die Volksvermehrung trotzdem die weitaus wichtigere, eben weil ihre Einwirkung nicht auf ihren Träger beschränkt bleibt, sondern dessen Nachwuchs eventuell für Generationen hinaus im Keime schädigt, ihre Art verschlechtert, d. h. sie entarten läßt. Dabei braucht sich nicht die Krankheit als solche zu übertragen, sondern sie veranlaßt viel häufiger entweder eine allgemeine körperliche und geistige Widerstandslosigkeit oder auch eine ausgesprochene Disposition für ganz bestimmte einzelne Krankheitsbilder. Wir brauchen nur an die erhöhte Neigung des Trinkernachwuchses für Epilepsie, für allgemeine Schwäche und selbst moralische Mängel zu denken. Lues, Tuberkulose und Geisteskrankheiten gehören zur gleichen Gruppe. Die andere, viel stärkere und auch im Einzelfalle viel häufiger zu einem tödlichen Ende führende pathologische Gruppe bleibt in ihrer Wirkung zunächst aufs Individuum beschränkt. Ein Beinbruch oder eine Lungenentzündung verursacht niemals eine Keimverderbnis.

Überblicken wir nun vergleichend die Pathologie von Natur- und Kulturvolk, so fehlen jenem im Urzustande gerade die Rassekrankheiten, die allein der Ausgangspunkt degenerativer Erscheinungen sind. Der Kulturwandel hat sie ihnen gebracht. Nur vor der Alkoholgefahr blieben unsere Eingeborenen Neu-Guineas dank der Einsicht der deutschen Verwaltung bewahrt. Aber er brachte noch eine andere qualitative Veränderung ihrer Pathologie. Wir sahen, wie Seuchen, neu eingeschleppt, sich austoben und durch Immunisierung der Überlebenden sich gewissermaßen selbst bekämpfen. Leider führen aber erstens nicht alle ansteckenden Krankheiten zu einem solchen Schutz, und zweitens bleiben bei denen, die es tun, vielfach mit ihren Keimen behaftete sogenannte Bazillenträger zurück, von denen nicht nur fortlaufend vereinzelte neue Ansteckungen erfolgen, sondern auch nach Heranwachsen einer nicht geschützten Kinderschar eine neue Epidemie ihren Ausgangspunkt nehmen kann. Die betreffende neue Krankheit ist damit, wie man sagt, „endemisch" geworden. Dies bedeutet bei allen nicht zur Immunität führenden Krankheiten, wie beispielsweise Dysenterie, Malaria, Wurmkrankheit u. a., eine dauernde, schwere Mehrbelastung, die zwar nur mittelbar, aber in größtem Umfange dann degenerativ wirkt, wenn die betreffende Neuerwerbung die kindliche Entwicklung entweder durch den eigenen chronischen Verlauf oder — die häufigste Folge — durch eine von ihr verursachte Blutarmut hemmt. Für Neu-Mecklenburg war unter den oben genannten drei Feinden die Malaria längst eingebrochen; Ruhr und Wurmkrankheit aber waren zwei von jenen auch als Rasseschäden zu bewertenden, degenerationsfördernden Kräften neuen Ursprunges. Ein in

seinem Bestande von so schwerer feindlicher Übermacht bedrohtes Naturvolk würde höchstens mit der ausgiebigsten Waffenhilfe des europäischen Hygienikers zu retten sein. Sie war in planmäßige, umfassende Aktion getreten, als der Krieg ausbrach und die Fortsetzung dieser deutschen Kulturarbeit ausschaltete.

IX. Jahreskonferenz für Naturdenkmalpflege in Berlin.

Von O. Herr, Görlitz.

Am 5. und 6. Dezember fand in Berlin in den Räumen der Staatlichen Stelle die IX. Jahreskonferenz für Naturdenkmalpflege statt. Der Leiter der Stelle, Geheimrat Prof. Dr. *Conwentz,* wies in seiner

I. Eröffnungsrede

auf die großen Gefahren hin, die unserer Heimat durch die Durchführung der ungeheuerlichen Bestimmungen des Versailler Friedensvertrages drohen, gab eine Übersicht über die während des Krieges unter Schutz gestellten Gebiete und hob hervor, daß die Staatliche Stelle für Naturdenkmalpflege ihr Arbeitsfeld erweitert und den *gesamten Naturschutz* in ihr Programm aufgenommen habe.

II. Über die

Fortschritte in der Gesetzgebung für Natur- und Heimatschutz seit 1914

sprach Landgerichtsrat Dr. *Wolf,* Justitiar der Staatlichen Stelle. Seit dem Jahre 1914 sind eine Reihe von bemerkenswerten Gesetzen, Verordnungen usw. auf dem Gebiet des Natur- und Heimatschutzes erschienen.

1. Artikel 150 der Reichsverfassung vom 11. August 1919 bestimmt, daß die Denkmäler der Kunst, der Geschichte und der Natur sowie die der Landschaft den Schutz des Staates genießen. Danach sind also *Reich* und *Einzelstaaten* unbedingt verpflichtet und berechtigt, die bezeichneten Gegenstände gegen Verletzung und Beeinträchtigung jeder Art in Schutz zu nehmen, in ihrem Zustande zu erhalten und ihnen besondere Förderung angedeihen zu lassen. Die den Einzelstaaten durch Art. 150 zugewiesenen Aufgaben können nur durch ein besonderes *Denkmalschutzgesetz,* wie es in der Schweiz seit etwa einem Jahrzehnt und auch in einzelnen Bundesstaaten (Bayern, Hessen, Oldenburg und Lübeck) seit einer Reihe von Jahren besteht, in *Hamburg* und *Lippe* bereits eingebracht und in Preußen gefordert worden ist, erfüllt werden.

2. Das *Ausgrabungsgesetz* vom 26. März 1914 sichert die im Erdboden befindlichen Gegenstände, welche für die Kulturgeschichte, einschließlich der Vorgeschichte des Menschen sowie für die Vorgeschichte der Tier- und Pflanzenwelt, also insoweit auch als Naturdenkmäler, von Bedeutung sind. Grabungen danach dürfen nach diesem Gesetz nur unter solchen Umständen erfolgen, die das öffentliche Interesse an der Förderung der Wissenschaft und Denkmalpflege nicht beeinträchtigen, und nur mit Genehmigung und unter Kontrolle des Regierungspräsidenten. Funde sind eventuell gegen eine Entschädigung, über die eine Schätzungskommission entscheidet, abzuliefern. Hohe Strafen sichern die Durchführung des Gesetzes.

3. Das *Fischereigesetz* vom 11. Mai 1916 bestimmt in § 105, daß der Fischereiberechtigte oder Fischpächter *„in seinen Fischgewässern"* Fischreiher, Fischottern usw. mit den zur Jagd erlaubten Mitteln — ausgenommen Schuß — ohne Jagdschein töten oder fangen und für sich behalten kann. Dieses Gesetz bedeutet einen wesentlichen Fortschritt gegenüber dem Fischereigesetz vom 30. Mai 1874 (§ 45). Zwar bleibt dem Fischereiberechtigten das Recht, solche jagdbaren, der Fischerei schädlichen Tiere zu fangen, doch darf dieser Fang nicht mehr vom Ufer usw., sondern nur noch vom Wasser aus stattfinden. Der *Fischadler* ist in § 105 nicht erwähnt; ihm dürfen als jagdbares Tier also nur Jagdberechtigte, nicht aber Fischereiberechtigte nachstellen.

4. In erheblichem Maße sind die Interessen des Natur- und Heimatschutzes in der neuen *Agrargesetzgebung* berücksichtigt worden.

a) Die Reichsverordnung zur *Beschaffung von landwirtschaftlichem Siedlungsland* vom 29. Januar 1919 schrieb zwar in § 2 vor, daß Staatsdomänen bei Ablauf des Pachtvertrages dem gemeinnützigen Siedlungsunternehmen zum Kauf anzubieten sind, doch wird darin eine Ausnahme gemacht für diejenigen Flächen, deren Erhaltung im Staatsbesitz für Unterrichts-, Versuchs- oder andere Zwecke öffentlicher Art notwendig ist. Hierzu gehören von dem Standpunkte des Naturschutzes aus besondere Naturschutzgebiete, vom Standpunkte der Geschichte Burgen, Schlösser, auch Parke usw.

b) *Ödlandkultur.* Unter Drucksache Nr. 251 der Preuß. Landesversammlung wird vom Minister für Landwirtschaft, Domänen und Forsten der Entwurf eines Gesetzes eingebracht über die Bildung von Bodenverbesserungsgenossenschaften, welches die Kultivierung von Mooren, Heiden und ähnlichen Ländereien sichern soll. Durch eine kleine Druckschrift der Staatlichen Stelle über die Sicherung von Naturdenkmälern bei den bevorstehenden Kultivierungen der Ödländereien sind die Kommissionen der Preuß. Landesversammlung auf die Wichtigkeit des Gegenstandes hingewiesen worden, und bei der Kommissionsberatung ist in § 1 folgender neuer Absatz eingefügt worden: „Die Interessen der Naturpflege, insbesondere die Erhaltung von Naturdenkmälern und Naturschutzgebieten sind tunlichst zu beachten. Es sind dazu geeignete Sachverständige zu hören."

5. *Das Wohnungsgesetz* vom 28. März 1918 gestaltet das bisherige Baurecht wenigstens in allgemeinen Zügen neu. Art. 9 von § 2 dieses Ge-

setzes erhielt die Fassung: „Bei Aufstellung und Anwendung der Wohnungsordnungen und bei Ausübung der Wohnungsaufsicht ist, soweit nicht ein überwiegendes Interesse der Gesundheit oder der Sittlichkeit entgegensteht, das Interesse des *Denkmal-* und *Heimatschutzes* zu berücksichtigen."

6. Durch ein *Baulastengesetz* sollten die Denkmäler der Natur und Kunst, die sich im Privatbesitz befinden, gegen Beeinträchtigung oder gegen Zerstörung gesichert werden; doch ist durch die politischen Ereignisse die Vorlage dieses Gesetzes vorläufig verhindert worden.

III. Dr. *H. Klose* spricht sodann über

Die Ansichtskarte im Dienste der Naturdenkmalpflege.

Der Vortragende zeigte, wie die gute, künstlerisch wertvolle und wissenschaftlich einwandfreie Ansichtskarte zur Ermittlung von Naturdenkmälern, zu ihrer Schonung und Erhaltung beitragen kann. Die Staatliche Stelle und eine Anzahl von Komitees haben Karten mit Serien von Naturdenkmälern herausgegeben. Derartige Karten in verstärktem Maße herauszugeben, muß auch fernerhin Aufgabe der Organisationen sein, weil dadurch nicht nur veredelnd auf die Industrie, sondern vor allem auch erzieherisch auf das Publikum eingewirkt wird.

IV. Geheimer Regierungs- und Forstrat *Herrmann:*

Die Bedrohung und Erhaltung unserer Wälder.

Der deutsche Wald hat während des großen Krieges wohl vermocht, die an ihn gestellten hohen Anforderungen zu befriedigen, die preußischen, Gemeinde- und Fideikommißforsten unbeschadet ihrer Substanz, die kleineren nicht ohne Gefährdung ihres Umfanges. Eine nennenswerte Vergrößerung der deutschen Waldfläche durch Aufforstung oder eine erhebliche Produktionssteigerung in den Staats- und Fideikommißforsten ist nicht möglich. Es wird daher ganz wesentlich von dem wirtschaftlichen Aufschwung unsrer Industrie nach Wiederkehr normaler Verhältnisse abhängen, ob und wieweit der deutsche Wald imstande sein wird, den Bedarf an Nutz- und Brennholz zu decken. Immerhin muß damit gerechnet werden, daß die *Eigenproduktion nicht* ausreicht, auch nur die wesentlichsten Bedürfnisse zu befriedigen, und wir zum Teil wieder auf Einfuhr angewiesen sein werden.

Sodann erörtert der Vortragende die Frage, welchen Einfluß nach den bisherigen Rechtsbestimmungen der Staat auf die Besitzer von nichtstaatlichen Forsten hat, um den Waldverwüstungen vorzubeugen. Im allgemeinen unterscheidet man vier Systeme der Beaufsichtigung der Gemeindewälder:

1. Die *allgemeine Vermögensaufsicht.* Der Staat sorgt dafür, daß das Waldvermögen erhalten bleibt; Abforstung, Vernichtung des Waldes sind verboten. Dagegen ist die Bewirtschaftung frei; auf technischem Gebiet findet keine Beaufsichtigung statt.

2. Die *technische Aufsicht.* Der ganze Betrieb steht unter Aufsicht, die Betriebspläne bedürfen der obrigkeitlichen Genehmigung. Vielfach werden seitens des Staates die Betriebspläne nur alle 10 Jahre revidiert; er kann aber auch eine alljährliche Vorlage der Wirtschaftspläne verlangen.

3. Die Gemeindeforsten sind zu *kommunalen Oberförstereien* verbunden, ihr Betrieb untersteht der Staatsaufsicht.

4. Die *Beförsterung.* Die Verwaltung der Körperschaftswaldungen ist mit der Staatsforstverwaltung organisch verbunden und geschieht durch Staatsforstbeamte.

Durch diese Beaufsichtigung hat der Staat auf die Gemeindeforsten Einfluß genug, um deren Abschlachtung zu verhindern, dagegen ist sein Einfluß auf die Privatwaldungen gering. Eine Ausnahme machen die *Schutzwälder,* die angelegt sind zur Beseitigung von Flugsand, zur Verhinderung der Abschwemmung des Bodens, zur Verhütung von Überschwemmungen, als Uferschutz, zum Schutze gegen Eisgang, zum Aufhalten von Lawinen, zum Quellenschutz und gegen Wildgefahr. Die Schutzwälder unterstehen der Aufsicht des Staates, der Rodungen, Weidenutzung usw. verbieten kann. Von den übrigen Privatwaldungen bilden etwa ein Viertel Fideikommißforsten, die ebenfalls gesichert erscheinen, während der Rest, etwa 70 %, frei bewirtschaftet werden kann. Doch bestehen auch hier in einzelnen Bundesstaaten allerlei Bestimmungen, z. B. das Verbot der Rodung, der Abschwendung (Verwüstung), das Aufforstungsgebot von Ödland, die Verpflichtung der Einholung der Erlaubnis zum Kahlschlag usw., so daß die Gefahren einer schrankenlosen Ausnutzung der Privatforsten nicht so groß sind. Immerhin wird in Zukunft eine Änderung der Verhältnisse nötig sein, damit der Staat mehr Einfluß auf den mittleren und kleineren Waldbesitz bekommt und ihn zur größeren Nutzbarmachung heranziehen kann. Neben Aufklärung und Belehrung der Waldbesitzer wird es sich nicht vermeiden lassen, alle Waldungen, etwa von 15 ha an aufwärts, zu Genossenschaftswäldern zusammenzufassen und diese, vielleicht durch Beförsterung, unter Staatsaufsicht zu nehmen.

V. Forstmeister *v. Nathusius,* Forstbeirat des Verbandes Groß-Berlin:

Die Bedrohung und Erhaltung des Dauerwaldes Groß-Berlin.

Der Dauerwald von Groß-Berlin umfaßt ein Gebiet von 10 000 ha = 40 000 Morgen. Zu den Gefahren, die den Dauerwald während des Krieges bedrohten, und die ihn augenblicklich noch wegen der herrschenden Brennstoffnot bedrohen, rechnet der Vortragende den *Holzdiebstahl* und die *Vermehrung* des Einschlags. Ersterer hat

dem Walde infolge des rechtzeitig organisierten Schutzes keinen nennenswerten Schaden zugefügt; der um ca. 60 % gesteigerte Jahreseinschlag kann durch Einsparung in wenigen Jahren ausgeglichen werden. Unabhängig von den gegenwärtigen Verhältnissen drohen dem Walde große Gefahren:

1. von der *Erniedrigung des Bodenwassers,* die durch die Wasserwerke und Schiffahrtskanäle (Teltow- und Hohenzollernkanal) verursacht wird. Infolge der Absenkung des Grundwassers ändert die Bodenflora völlig ihren Charakter, und die Bäume, selbst die genügsamen Kiefern, gehen ein, da sie dem sinkenden Wasser nicht zu folgen vermögen.

2. Eine schwere Bedrohung des Dauerwaldes bilden die *Rauchschäden,* die besonders durch die schweflige Säure des Fabrikqualms verursacht werden. Nadelhölzer und Buchen leiden am meisten, während die Eichen mehr gefeit sind. Es wird deshalb eine besondere Aufgabe der Zukunft sein, in den rauchgefährdeten Forsten die reine Kiefernwirtschaft durch Laubholzverjüngung einzuschränken.

3. Nicht zu unterschätzen ist endlich die *Waldbrandgefahr.* Alle Sicherheitsorganisationen, alle Warnungen haben nicht vermocht, daß in den letzten Jahren durch Leichtsinn im Umgang mit Feuer beim Rauchen, Kochen usw. 1000 Morgen Brandflächen entstanden sind, die abgeholzt werden mußten.

Mit dem zurückgehenden Wald schwinden auch die Naturdenkmäler. Es wird Sorge getragen, daß durch Verschonung der alten Bestände und Bäume den Höhlenbrütern die Niststätten erhalten bleiben. Das Aufhängen von Nistkästen wird mehr und mehr gefördert; die vorhandenen Reiherstände sollen geschont, der Damwildbestand soll auf die alte Höhe gebracht werden.

So ist zu hoffen, daß es möglich sein wird, den Dauerwald durch die Gefahren der Gegenwart und Zukunft hindurchzuretten.

In der Besprechung wurde auf die Gefahren hingewiesen, die dem Walde von der „Verschönerung" durch Anlegen von Wegen, Rodelbahnen, Renn- und Spielplätzen drohen und ihn immer mehr in einen Park verwandeln. Von zuständiger Seite konnten über diesen Punkt beruhigende Mitteilungen gemacht werden.

VI. Prof. Dr. *Wille* (Kristiania) berichtete über

Die Fortschritte des Naturschutzes in Norwegen

seit 1912.

Eine Übersicht über frühere Maßnahmen zum Schutz der Naturdenkmäler in Norwegen hatte Prof. *Wille* in den Beiträgen zur Ndpfl. Band II (1912) gegeben. Seitdem ist dort ein „Landesverein für Naturschutz in Norwegen" gebildet worden, der sich aus vier Kreisvereinen zusammensetzt. Laut Reichstagsbeschluß vom 14. Juli 1916 können nicht nur Pflanzen- und Tier*arten,* sondern auch einzelne Individuen geschützt werden. In den letzten Jahren sind durch Regierungsbeschluß 26 merkwürdige Bäume und Fundorte seltener Pflanzenarten mit Urwaldstrecken geschützt worden. Außerdem hat die staatliche Forstverwaltung administrative Maßnahmen zum Schutz von 4 Waldstrecken getroffen, und vom Kreisverein in Drontheim ist das 54—60 qkm große Naturschutzgebiet *Nedalen* begründet worden.

Prof. *Wille* hat Beschreibungen dieser und anderer Naturdenkmäler veröffentlicht. Durch Reichstagsbeschluß hat 1918 das Jagdgesetz eine Änderung erfahren, wonach der *Biber,* der bisher überall das ganze Jahr hindurch geschützt war, jetzt in einzelnen Kirchspielen gejagt werden kann. Da er nämlich infolge starker Vermehrung großen Schaden anrichtete, war der Staat gezwungen, den Besitzern hohe Entschädigungen zu zahlen. Es wurde deshalb, um die Zahl der Biber etwas zu reduzieren, die Jagd auf das Tier vom 15.—31. Oktober freigegeben. Diese Frist kann für einzelne Kommunen auf deren Antrag vom König vom 1. September bis 31. Oktober verlängert werden. In zahlreichen Gebieten aber bleibt der Biber das ganze Jahr hindurch geschützt.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft.
(Berliner Zweigverein.)

In der Sitzung am 10. Dezember 1919 hielt Dr. *Robitzsch* einen Vortrag über **Wetterdienst und Funkentelegraphie.** Während der Wetternachrichtendienst vor dem Kriege nur vereinzelt drahtlose Meldungen enthielt und im übrigen meist nach dem Radialsystem mit Draht gegeben wurde, sind jetzt die Drahtnachrichten — schon allein wegen ihrer unpünktlichen Weitergabe — fast bedeutungslos geworden. Sie werden heutzutage durch folgende Funkentelegramme ersetzt: von Nauen dreimal täglich Nachrichten von deutschen Stationen, vom Eiffelturm dreimal täglich französische und belgische Nachrichten, von Scheveningen Meldungen von holländischen, französischen und einer deutschen Station, von Cleethorpes und von Poldhu Übersichten über die Wetterlage westlich von England, ferner vereinzelte Meldungen u. a. von Prag, Warschau, London, Carnavon, schließlich aerologische Nachrichten von Lindenberg (Sammeltelegramm), Paris, Warschau. Mit Rücksicht auf diese Entwicklung gab der Vortragende an Lichtbildern einen Überblick über die Grundlagen und Schaltungsschemata der heutigen Funkentelegraphie. Zum Schluß wurde die Notwendigkeit betont, die atmosphärischen Einflüsse auf funkentelegraphische Störungen zu untersuchen. Hierbei handelt es sich vielfach um lokale Störungen, über deren Ursachen nur Vermutungen ausgesprochen werden können; es ist z. B. möglich, daß die kurzperiodischen Luftdruckschwankungen, welche meist bei Temperaturinversionen in den unteren Atmosphärenschichten auftreten, Inversionsschwingungen und im Anschluß daran auch luftelektrische Potentialschwingungen hervorrufen. Das Aeronautische Observatorium in Lindenberg will sich mit dem Studium solcher Zusammenhänge beschäftigen.

Ferner sprach Prof. Dr. *Kaßner* über die Verdeutschung des Ausdruckes „Meteorologisches Element". Da sowohl eine Umfrage im deutschen Sprachverein wie auch im Meteorologischen Zweigverein nicht zu einer bestimmten, überwiegend gebilligten Verdeutschung führte, so darf wohl angenommen werden, daß man guttut, das Wort auch weiterhin im wissenschaftlichen Sprachgebrauch beizubehalten. *Sü.*

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Akustische Entfernungsmessung. Die akustische Entfernungsmessung hat den Zweck, den Ort einer Schallquelle, die man zwar hört, aber nicht sieht, zu ermitteln. Die Ermittlung geschieht durch Messungen an der Kugelwelle, die sich von der Quelle aus ausbreitet. Angenommen, in S befinde sich ein Geschütz (Fig. 1). Sein Knall breitet sich um S als kugelförmige Schallwelle mit gleichförmiger Geschwindigkeit aus und erreicht z. B. die Stationen A, B und C. Mißt man die Zeit, die zwischen der Ankunft des Schalles in A und der in B und der in C verstreicht, so ergibt eine sehr einfache geometrische Konstruktion den Ort, an dem das Geschütz steht. Der Schall erreiche z. B. B t_1 Sekunden später, nachdem er A erreicht hat, und erreiche C t_2 Sekunden später, nachdem er A erreicht hat. Beschreibt man dann Kreise um B und C, deren Radien gleich sind den

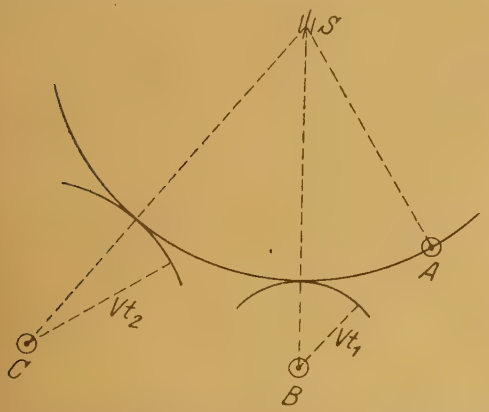


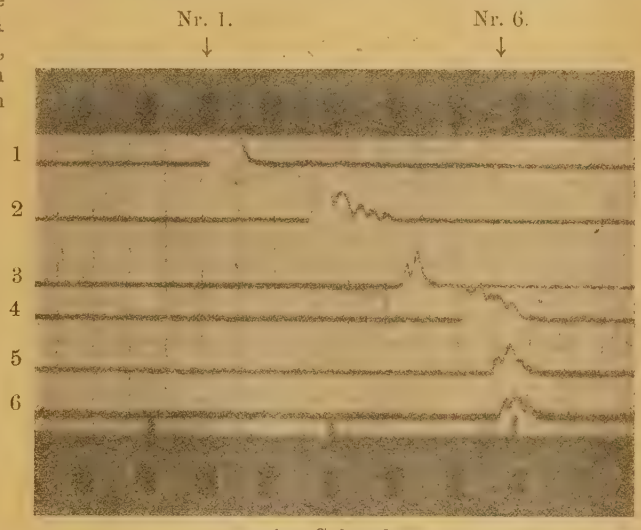
Fig. 1. Geometrische Ermittelung des Geschützortes S aus akustischen Beobachtungen in den Orten A, B u. C.

Strecken, die der Schall in t_1 Sekunden und t_2 Sekunden durchläuft, und konstruiert man dann den Kreis, der durch A geht und die Kreise um B und um C berührt, so liegt das Geschütz in dem Mittelpunkt des durch A gehenden Kreises. Legt man Beobachtungsposten an örtlich genau bekannte Punkte und ermittelt man die Zeitpunkte, zu denen der Knall sie erreicht, so kann man daher auf einer Karte, auf der die Beobachtungsstationen markiert sind, den Ort der feindlichen Batterie auffinden.

Dies ist der Grundgedanke der akustischen Entfernungsmessung. Notwendig sind nur 3 Stationen, aber man kann mehr benutzen, um die Ortsermittlung zu bestätigen.

Es gibt noch andere Mittel, die Geschützstellung aus solchen Schallzeiträumen zu ermitteln. Ist z. B. das Schallzeitintervall zwischen A und B t_1 Sekunden, so muß das Geschütz auf einer Hyperbel mit A und B als Brennpunkten liegen, die so geformt ist, daß der Unterschied der Abstände eines ihrer Punkte von den Brennpunkten $v\,t_1$ ist, wo v die Schallgeschwindigkeit ist. Ein zweites Paar von Stationen gibt eine zweite Hyperbel, und dort, wo diese die erste schneidet, liegt das Geschütz. Dies war das von den englischen und französischen Schallmeßtrupps wirklich angewendete Verfahren. Die Hyperbel kommt in der Nähe der Geschützstellung der Asymptote so nahe, daß man ebenso gut diese benutzen kann, was das Verfahren in der Ausführung sehr vereinfacht.

Die französische Armee begann nach der *Nature* vom 13. November 1919 ihre Versuche 1914 und erkannte aus ihren Resultaten das Verfahren als aussichtsreich. Es entwickelte sich auf zwei Wegen. Man ließ die Ankunftszeit des Schalles entweder durch Beobachter (durch Niederdrücken eines Tasters) oder automatisch durch irgendeine Art Mikrophon registrieren. In beiden Fällen waren die Stationen mit einer Zentralstation elektrisch verbunden, wo ein Chronograph die von den Beobachtern und von den Mikrophonen gesendeten Signale registrierte. Die Beobachter waren aber nicht genau genug, sie machten Fehler bis zu 0,1 Sekunde, während eine befriedigende Positionsermittlung eine Genauigkeit von 0,005 Sekunden erfordert. Diese Genauigkeit erreichte man, als man die



<..... eine Sekunde .....>

Fig. 2. Registrierung (vergrößert) eines 15-cm-Mörsers. Der Knall hat zuerst Mikrophon Nr. 1, zuletzt Mikrophon Nr. 6 erreicht. Der Film hat sich während der Registrierung von links nach rechts bewegt. Die vertikalen Geraden, 100 auf eine Sekunde, bezeichnen die Zeitintervalle. Die Horizontalen (1 bis 6) sind die Schatten der Saiten des *Einthoven*-Galvanometers quer über dem Spalt (hinter dem der Film exponiert ist), deren Bewegung registriert wird.

Ankunft des Schalles von einem Mikrophon registrieren ließ, und sowohl die französische wie die englische Armee führten schließlich ein Mikrophonsystem ein.

Der von den Engländern eingeführte Apparat stammte von *Bull* vom Institut Marey in Paris und war einer von mehreren, die die französische Armee versuchte. Es ist nicht möglich, ihn hier ganz zu beschreiben. Der registrierende Teil besteht aus einem *Einthoven*-Galvanometer mit 6 Saiten, jede Saite verbunden mit einem Mikrophon auf einer Empfangsstation. Die von einem Mikrophon in das Registrierinstrument geschickten Ströme versetzen die entsprechende Saite in Schwingung, und ihre Bewegungen werden auf einem kinematographischen Film photo-

graphisch registriert. Gleichzeitig markiert man eine Reihe von Zeitpunkten auf dem Film — indem man das die Saiten photographierende Licht nach je $^1/_{100}$ Sekunde unterbricht — und kann so den Zeitraum zwischen der Ankunft des Schalles auf zwei Stationen von dem Film ablesen. (Charakteristisch für das schließlich eingeführte Mikrophon war seine besondere Empfindlichkeit gegen lange Wellenlängen, wie Geschützdonner und Granatenexplosionen [die Wellenlänge des Donners eines großen Geschützes kann 250 Fuß lang sein], und seine verhältnismäßige Unempfindlichkeit gegen gewöhnliche Geräusche, wie Sprache, Gewehrfeuer, Wagengerassel usw.) Fig. 2 zeigt die Registrierung einer deutschen 15-cm-Haubitze, Fig. 3 die Installation einer Schallmeßabteilung mit dem Bullapparat. Sechs Mikrophone stehen längs einer „Basis" ungefähr von 9000 Yard (8100 m) Länge etwa 4000 Yard (3600 m) hinter der Front und sind verbunden mit einer Zentralstation in einem Keller oder einem Unterstand etwa 5000—6000 Yard

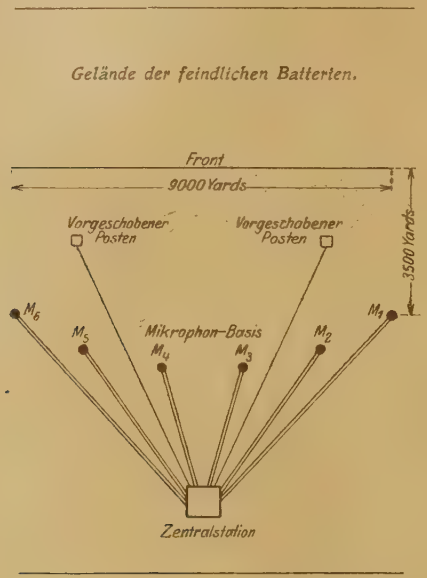


Fig. 3. Übersicht über die Zusammenarbeit einer Abteilung für akustische Ortsermittlung.

(4500—5400 m) hinter der Front. Vor der Basis liegen die „vorgeschobenen Posten", jeder mit einem Beobachter. Hört dieser ein feindliches Geschütz feuern, so drückt er den Taster nieder: der Apparat in der Zentralregistrierstation setzt sich in Bewegung, der Kinematographenfilm läuft durch die Kamera, die Lampe leuchtet, und alles ist fertig, um einen Schall, der die Mikrophone erreicht, zu registrieren. Hat der Beobachter vorn genügend Zeit verstreichen lassen, um den Schall alle Mikrophone erreichen zu lassen, so läßt er den Taster los, so daß der Registrierapparat stehen bleibt. Er telephoniert der Zentralstation, wie er über die Richtung, von der aus das Feuer gekommen ist, das Ziel und das Kaliber urteilt. Der Film wird entwickelt und fixiert, was in 10 Sekunden geschehen kann. Er geht dann an einen Rechner, der die Zeitintervalle abliest und das Gesamtergebnis mitteilt. Die Stellung der Batterie wird dann telephonisch an alle daran Interessierten weitergegeben. Die für die Ausarbeitung eines Resultates erforderliche Zeit betrug im allgemeinen 4—10 Minuten, nachdem die Batterie gefeuert hatte.

In den Jahren 1917 und 1918 waren etwa 30 Abteilungen an der Westfront, jede mit 4 Offizieren und 40 Mann. Die durchschnittliche Zahl von Ortsbestimmungen war bei jeder täglich ungefähr 5, an besonders begünstigten Tagen waren aber 30, 40 und noch mehr Bestimmungen nichts Ungewöhnliches. Ungünstige Wetterverhältnisse waren schuld an der Kleinheit der Durchschnittszahl. Es war z. B. unmöglich, bei einem Wind zu messen, der von der Beobachtungsbasis auf die feindlichen Geschütze zu wehte; der Schall wird dann nach aufwärts abgelenkt und ist auch von den empfindlichsten Mikrophonen nicht registrierbar.

Die Genauigkeit der Resultate wurde in verschiedener Weise geprüft. Nach einem erfolgreichen Vorrücken konnte man die Stellungen der feindlichen Batterien untersuchen und mit den Messungsergebnissen vergleichen. Wo dies nicht möglich war, ergab eine Prüfung von Flugzeugaufnahmen gewöhnlich die Stellen, wo die Geschütze eingegraben waren, nachdem die akustische oder eine andere Methode zur Positionsbestimmung die ungefähre Stellung der Batterie angezeigt hatte. Der durchschnittliche Messungsfehler betrug auf 10 000 Yard Entfernung etwa 50, obgleich die Bedingungen, unter denen die betreffende Abteilung arbeitete, die Genauigkeit natürlich stark beeinflußte. Wo irgend möglich, verließ man sich auf die Flugzeugphotographien, um die genaue Batteriestellung anzugeben. Die Schallmeßergebnisse lieferten nicht nur die ungefähre Lage der Batterie, sondern auch ihr Kaliber und ihre Zielrichtung. Das Platzen der Granaten wurde ebenso gut registriert wie der Geschützknall, und daraus konnte man die Flugzeit der Granate finden, der Charakter des Knalles gab Aufschluß über das Kaliber. Das mit Granaten belegte Gelände konnte man nach Granatenbruchstücken absuchen. Es gab noch andere Anzeichen für das Kaliber, die es dem Schallmeßdienst möglich machten, sich sehr genau über irgendeine registrierte Batterie zu informieren.

Die Hauptschwierigkeiten waren: Verwechslung zwischen Geschützknall und vorauseilender Schallwelle bei besonders großer Granatengeschwindigkeit, Ungenauigkeit infolge der Unkenntnis der Wirkung von Wind und Temperatur auf die Schallwellen, die Schwierigkeit, den Mikrophonort genau anzugeben, in einem Gelände, in dem alle Landmarken zerstört waren, und im letzten Stadium des Krieges die Aufgabe, die Anlage schnell zu transportieren und neu zu installieren, wenn stets nach wenigen Tagen vorgerückt wurde, und dgl. m. Die Erfahrung lehrte jedoch alle diese Schwierigkeiten eine nach der anderen überwinden, und am Ende des Krieges arbeiteten die Sektionen mit einem hohen Nutzeffekt, hatten aber die Grenze der Entwicklungsmöglichkeit dabei noch keineswegs erreicht.

Zur Mechanik des Freiballons (*Felix Jentzsch-Graefe, Physikalische Zeitschrift* Bd. 20, Seite 320—328, 1919). Den Anlaß zu der Untersuchung boten Untersuchungen über den Ersatz der (im Wetterdienst gebrauchten) Gummipiloten durch Papierpiloten. Bekanntlich verwendet man Piloten zur Windmessung in der Weise, daß man sie in bestimmten Zeitabständen mit einem Fernrohr anvisiert und dann aus Richtungs- und Höhenwinkel Richtung und Stärke des Windes berechnet. Allerdings muß man die Höhe der Piloten zur Zeit der Ablesung genau kennen. Bei den Gummipiloten ist das der Fall, da sie innerhalb recht weiter Grenzen mit konstanter Geschwindigkeit steigen. Papierpiloten dagegen verlieren, weil wegen

der mangelnden Elastizität der Hülle der Füllansatz offen bleiben muß, beim Steigen ständig Gas; Auftrieb und Steiggeschwindigkeit werden also immer geringer. Für Papierpiloten muß man daher besondere Steighöhentabellen aufstellen, und das hat man seinerzeit in Ostende durch Doppelvisierungen getan.

Diese Arbeit veranlaßte den Verfasser, sich mit der Theorie des Steigens von Freiballons überhaupt näher zu beschäftigen. Die ganze Bewegung wird in sämtlichen nur denkbaren Einzelheiten durch zwei Konstante reguliert, nämlich eine, die ein Ausdruck für das Material, die Form und die Dimensionen ist und die natürlich unverändert bleibt, wenn man stets den gleichen Ballontypus verwendet. Die andere Konstante, die zur Beurteilung der Steigverhältnisse eines bestimmten Exemplars als einzige bestimmende Größe übrig bleibt, hat der Verfasser den *„spezifischen Steigwert p"* genannt. Es ist der Quotient aus dem „freien Auftrieb" und dem „gesamten Gewicht" der Hülle einschließlich aller gehobenen Gegenstände wie Registrierinstrumente, Beleuchtungseinrichtungen, Ballast usw. Selbstverständlich gelten die entwickelten Formeln ebenso für einen Zeppelin, solange seine Propeller nicht arbeiten, wie für irgendeinen anderen Gegenstand in der Luft, der „leichter als die Luft", sich nicht anders als durch statischen Auftrieb bewegt.

Mit Hilfe dieses „spezifischen Steigwerts", *der nichts anderes darstellt als den freien Auftrieb der Gewichtseinheit*, kann man nun ohne weiteres angeben, in welcher Weise die Geschwindigkeit mit der Höhe abnimmt, in welcher Höhe der Ballon zum Schwimmen kommt, in welcher Zeit das geschieht, welche Geschwindigkeit er in einer bestimmten Zeit hat usw. So wird zum Beispiel die Geschwindigkeit in einer bestimmten Höhe

$$v^2 = v_0^2 \left(1 - \frac{n-1}{p}\right),$$

wo n die sog. Höhenzahl ist, die angibt, um wieviel mal der Luftdruck am Boden größer ist als in der Höhe des Ballons.

Ferner wird die Schwimmhöhe =

$$h_{max} = H \log nat\,(1 + p),$$

wo H als „Höhe der homogenen Atmosphäre" die Temperatur enthält.

Die Formeln für die Geschwindigkeit und Höhe als Funktion der Zeit sowie für die Gesamtsteigzeit werden etwas komplizierter. Von den vielen bemerkenswerten Einzelergebnissen ist vielleicht am interessantesten, daß man die Gleichungen zum Teil lösen kann, *ohne* bestimmte Voraussetzungen über den Luftwiderstand zu machen. Bekanntlich wird in den hier auftretenden Geschwindigkeiten meist angenommen, daß der Luftwiderstand mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wächst. Ob das zulässig ist und welches Gesetz man eventl. statt dessen anzunehmen hat, kann man nun mit den neuen Formeln leicht feststellen, indem man durch eine gewöhnliche optische Entfernungsmessung die wirkliche Steiggeschwindigkeit des Ballons mißt und mit der theoretischen vergleicht. — Es ergab sich, daß zu dem quadratischen Glied des Luftwiderstandes noch ein lineares hinzutreten muß.

Die *Temperatureinflüsse* waren größtenteils schon früher bekannt und sind in dem bekannten Buch von *Emden* „Grundlagen der Ballonführung" in angenäherter Form dargestellt. Immerhin mag hier die genauere Angabe gemacht werden, daß z. B. bei 10 ° Übertemperatur des Ballongases über die umgebende Luft ein Leuchtgasballon um 243 m bei 0 ° C und um 252 m bei 20 ° C über die normale Schwimmhöhe steigt, während die gleichen Zahlen für eine Wasserstoffüllung nur 29,2 m und 30,4 m betragen. Dieser Höhenzuwachs ist übrigens gänzlich unabhängig von der Größe des Ballons und der erreichten absoluten Höhe.

Zum Schluß mag noch erwähnt werden, daß, bevor der Ballon in gleichmäßiges Steigen kommt, eine Beschleunigungsperiode stattfindet. Sie ist merkwürdig kurz. So hat z. B. ein kleiner Pilotballon von 25 g bewegter Masse und 30 g freiem Auftrieb bereits nach 0,65 Sekunden 99 % seiner Maximalgeschwindigkeit erreicht. Er ist dann 2 m gestiegen. — Für ein großes Luftschiff von z. B. 10 000 kg bewegter Masse sind die Zahlen natürlich größer. Immerhin werden auch hier in dem ungünstigsten Falle von nur 100 kg freiem Auftrieb bereits nach 15,0 Sekunden in 155 m Höhe 90 % der maximalen Vertikalgeschwindigkeit erreicht und in 27,6 Sekunden bei 27 m 99 %.

Autoreferat.

Kohlenoxydfreies Leuchtgas. Bei der Verwendung von verdichtetem Steinkohlengas zur Beleuchtung der Eisenbahnwagen haben sich anfangs mancherlei Schwierigkeiten ergeben, namentlich zeigten die Glühkörper schon nach kurzer Betriebsdauer rote Flecken, die die Glühkörper bald unbrauchbar machten und deren Entstehung man sich zuerst nicht recht erklären konnte. Durch umfangreiche Untersuchungen wurde jedoch festgestellt, daß bei der Verdichtung des Steinkohlengases auf 15 atm das in dem Gas enthaltene Kohlenoxyd sich mit dem Eisen der Behälter zu Eisencarbonyl verbindet. Dies ist eine recht unerwünschte Erscheinung, denn das Eisencarbonyl ist eine leicht flüchtige Verbindung, die von dem Gase mitgeführt und in der heißen Flamme wieder in ihre Bestandteile Kohlenoxyd und Eisen gespalten wird. Während das Kohlenoxyd verbrennt, setzt sich das dampfförmige Eisen an den kühleren Teilen des Glühkörpers als feiner Staub ab und verwandelt sich hier allmählich in rotes Eisenoxyd.

Das einfachste Mittel zur Verhütung dieser Störung ist die Entfernung des Kohlenoxyds aus dem Gas. Im Kleinen gelingt dies durch Waschen des Gases mit Kupferchlorürlösung, im Großen bereitet diese Methode jedoch mancherlei Schwierigkeiten, namentlich wegen des Acetylengehaltes des Gases, denn das Acetylen bildet bekanntlich beim Zusammentreffen mit Kupfer eine sehr explosive Verbindung. Nach einem neuen, der *Badischen Anilin- und Sodafabrik* geschützten Verfahren (D. R. P. 300 236) kann man jedoch das Kohlenoxyd auf einfache Weise entfernen, wenn man das kohlenoxydhaltige Leuchtgas zusammen mit Wasserdampf (etwa 0,3 kg Dampf auf 1 cbm Gas) bei einer Temperatur von etwa 500 ° über eine aktivierte Eisenoxydkontaktmasse leitet. Hierbei wird das Kohlenoxyd durch den Wasserdampf zu Kohlensäure oxydiert und es entsteht zugleich eine dem Kohlenoxyd äquivalente Menge Wasserstoff. Das so behandelte Gas wird nach Abscheidung der Kohlensäure und des überschüssigen Wasserdampfes verdichtet und kann nun unbedenklich in Glühkörpern verbrannt werden. Zugleich wird dem Gase durch diese Behandlung seine Giftigkeit genommen.

Der zunehmende Benzinverbrauch und seine Deckung. Während des Krieges herrschte nicht nur bei uns, sondern in fast allen Ländern der Welt ein starker Benzinmangel, sogar in den Vereinigten Staaten von Amerika, die ja, wie bekannt, unter den Benzin

erzeugenden Ländern an erster Stelle stehen. Es scheint, daß auch künftighin mit einem Benzinmangel zu rechnen sein wird, denn die Verwendung dieses Brennstoffs hat mit der Ausdehnung des Kraftwagenverkehrs und des Flugwesens allenthalben ganz außerordentlich zugenommen. In England stieg der Benzinverbrauch von 203 700 t im Jahre 1911 auf 428 300 t im Jahre 1916, also um mehr als 100 %. In Deutschland betrug der Benzinverbrauch im Jahre 1911 etwa 195 000 t, in der ersten Hälfte des Jahres 1914 dagegen 130 000 t. Am stärksten stieg jedoch der Benzinverbrauch in den Vereinigten Staaten von Amerika, wie folgende der „Chemischen Industrie" 1919, S. 17, entnommene Zusammenstellung zeigt. Die Angaben bedeuten Millionen Barrels, und zwar enthält 1 Barrel 42 Gallonen zu je 3,78 l.

	Erzeugung	Eigenverbrauch	Ausfuhr
1899	6,68	6,38	0,30
1904	6,92	6,32	0,60
1909	12,90	11,26	1,64
1914	34,92	29,92	5,00
1915	41,60	35,10	6,50

Im Jahre 1918 soll die Erzeugung auf über 60 Millionen Barrels gestiegen sein.

Hand in Hand mit dieser riesigen Entwicklung der Benzinerzeugung und des Eigenverbrauchs in Amerika geht die Zunahme der Kraftwagenzahl, die jährlich 40 % beträgt. Nach einer amtlichen Zählung waren am 1. Juli 1918 in den Vereinigten Staaten 5 466 931 Kraftwagen und 192 000 Motorräder in Benutzung. Hierzu kommen noch über 30 000 Motorboote, 45 000 Benzinmotoren in der Industrie und 30 000 in der Landwirtschaft.

Nimmt man den jährlichen Verbrauch eines Kraftwagens zu 10 Barrels (= rund 1600 l) an, so ergibt sich, daß der Benzinverbrauch Amerikas in kürzester Zeit durch die eigene Erzeugung nicht mehr gedeckt werden kann. Hieraus erklären sich auch die zahlreichen Versuche, aus hochsiedenden Mineralölen Benzin zu erzeugen. Da alle diese Verfahren jedoch ziemlich unwirtschaftlich sind, wird man in Amerika ebenso wie bei uns mehr und mehr zur Verwendung von Benzol an Stelle von Benzin übergehen.

S.

Berichte gelehrter Gesellschaften.

Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften 1919.
(Stiftung Heinrich Lanz.)

Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse.

11. Januar.

Vorsitzender: Herr *Bütschli.*

Es werden folgende wissenschaftliche Arbeiten eingereicht:

A. für die Sitzungsberichte:

1. Von Herrn *A. Wilkens* (Breslau): *Untersuchungen zu einer Störungstheorie der Jupitergruppe.* Vorgelegt von *M. Wolf.* Das Ziel der Arbeit ist die Aufstellung einer praktisch brauchbaren Theorie der Störungen der auf der Königstuhl-Sternwarte entdeckten Planetengruppe der „Trojaner". Diese Planeten bilden mit Sonne und Jupiter stets nahezu ein gleichseitiges Dreieck. Bereits *Lagrange* hat diesen Spezialfall des Dreikörperproblems erfolgreich behandelt und seine hohe Bedeutung für die Theorie erkannt. Es wird in der vorliegenden Arbeit, einem Prinzip der modernen Störungstheorie folgend, eine periodische Lösung des Dreikörperproblems als Ausgangslösung der Jupiteranziehung gewählt, nämlich die kleine Ellipse, die die Trojaner bei kreisförmiger Jupiterbahn in 148 Jahren um den entsprechenden Lagrangeschen Dreieckspunkt beschreiben. Die Entwicklung der allgemeinen Lösung erfolgt nach Potenzen des kleinen Parameters des Problems. — Die durch die Jupiterstörungen bewirkte periodische, strenge und deshalb im Sonnensystem einzig dastehende Kommensurabilität der mittleren Bewegung der Trojaner mit der des Saturn, die zu großen „Ungleichheiten" der Bewegung führen muß, wird auf Grund der Gylden-Linstedtschen Differentialgleichung studiert und numerisch an den bisher entdeckten 5 Trojanern untersucht. Die theoretische und numerische Ermittlung der Säkularstörungen aller 5 Trojaner durch die Anziehung aller großen Planeten bildet den Schluß der Arbeit.

2. Von Herrn *O. Perron* (Heidelberg): *Über die Abhängigkeit der Integrale eines Systems linearer Differentialgleichungen von einem Parameter.*

3. Von Herrn *L. Königsberger* (Heidelberg): *Über die Hamiltonschen Differentialgleichungen der Dynamik. 4. Abh.*

4. Von Herrn *W. v. Buddenbrock* (Heidelberg): *Die vermutliche Lösung der Halterenfrage.* Vorgelegt von *O. Bütschli.* Unter Benutzung eines mit Unterstützung der Akademie hergestellten kymographischen Apparats sucht der Verfasser seine schon früher ausgesprochene Ansicht: daß die Halteren der Dipteren weder Steuer- noch Gleichgewichtsorgane seien, sondern als Erreger der Energie der Flügelmuskeln wirken, näher zu begründen. Die Untersuchungen wurden speziell an Sareophaga carnaria angestellt.

5. Von Herrn *E. A. Wülfing* (Heidelberg): *Numerische Apertur und optische Achsen.* Verfasser hat kürzlich neue Objektive von *R. Winkel* in Göttingen zur Beobachtung der Interferenzbilder an Kristallen vorgeschlagen. Er hofft, daß mit der weiteren Einführung dieser Linsensysteme die optischen Achsen bei der mikroskopischen Diagnose der Mineralien mehr berücksichtigt werden. Um nun die Angaben über die Neigung dieser Achsen in unmittelbaren Zusammenhang mit dem Beobachtungsverfahren zu bringen, empfiehlt Verfasser die Verwendung des von *Abbe* eingeführten Begriffs der numerischen Apertur. Eine sich über die 142 gesteinbildenden zweiachsigen Mineralien erstreckende Statistik gibt eine Vorstellung von den numerischen Aperturen über den Bisektrizen und zeigt die weitgehende Anwendbarkeit der neuen Systeme. Ein graphisches Verfahren erleichtert den Übergang von numerischer Apertur in Achsenwinkel.

B. Für die *Abhandlungen:*

6. Von Herrn *K. Herbst* (Heidelberg): *Beiträge zur Entwicklungsmorphologie der Färbung und Zeichnung der Tiere.* Die Arbeit beschäftigt sich mit den äußeren Faktoren, welche auf die Färbung und Zeichnung der Feuersalamander von Einfluß sind. Es wird gezeigt, daß die jungen Salamander, welche ihr Larvenleben in gelber oder weißer Umgebung verbracht haben, im Durchschnitt gelber sind als diejenigen, welche ihre Verwandlung in schwarzer Umgebung durchgemacht haben. Das kommt daher, daß in schwarzer Umgebung die Vermehrung der schwarzen, in gelber und weißer Umgebung dagegen die der gelben Pigmentzellen begünstigt wird. Im Gegensatz zu gelber resp. weißer und schwarzer Umgebung hat verschiedene Helligkeit des einfallenden Lichtes keinen Einfluß auf die Ausdehnung der gelben Rückenflecke, wenn auch die verschiedene Lichtintensität den Farbenton der letzteren verändert. Die Weiterzucht der verwandelten

Jungen Salamander in gelber und schwarzer Umgebung hat aber ganz andere Resultate ergeben als die berühmten Versuche *Kammerers*, nach denen die verwandelten Salamander in gelber Umgebung eine Vergrößerung und Verschmelzung, in schwarzer dagegen eine Reduktion und Aufteilung ihrer gelben Flecke zeigen sollen. Es wurde nämlich nicht nur in schwarzer, sondern auch in gelber Umgebung eine Reduktion der gelben Flecken im postlarvalen Leben beobachtet, ja es konnte sogar in manchen Fällen in schwarzer Umgebung Verschmelzung von gelben Flecken und selbst die Entstehung neuer solcher Flecken beobachtet werden. In diesen postlarvalen Veränderungen des Farbenkleides ist weiter nichts zu sehen, als der normale Ablauf der Zeichnungsveränderungen des heranwachsenden Salamanders, der sich unabhängig von der Farbe der Umgebung abspielt.

5. April.

Vorsitzender: Herr *Bütschli*.

Es werden folgende wissenschaftliche Arbeiten vorgelegt:

Für die *Abhandlungen:*

1. Von Herrn *A. Osann* (Freiburg i. Br.): *Der chemische Faktor in einer natürlichen Klassifikation der Eruptivgesteine.* Wie die biologischen Wissenschaften strebt auch die Petrographie für die ihr unterstellten Objekte, die Gesteine, eine natürliche, in gewissem Sinne auf genetischer Grundlage beruhende Klassifikation an. Die Möglichkeit zu einer solchen ist in erster Linie für die Eruptivgesteine gegeben. Nach einer weitverbreiteten Ansicht haben sich die Magmen der stofflich sehr verschiedenen Eruptivgesteine aus einem homogenen Urmagma durch fortgesetzte Spaltungsvorgänge entwickelt, und zugleich vererben sich wesentliche Eigenschaften von einem Muttermagma auf seine Abkömmlinge („Blutsverwandtschaft" der Eruptivgesteine). Derartige Spaltungen müssen sich nach physikalisch-chemischen Gesetzen vollziehen, doch setzen sich ihrer experimentellen Erforschung zurzeit noch große Schwierigkeiten entgegen, die in den nächsten Dezennien wohl kaum überwunden werden können. Unter diesen Umständen kann eine natürliche Klassifikation nur in der Weise vorgenommen werden, daß man ihr *alle* wesentlichen Eigenschaften der Gesteine zugrunde legt, nämlich: geologische Stellung, mineralogische Zusammensetzung, chemische Zusammensetzung und Struktur. Schon in einer früheren Schrift hat sich der Verfasser mit der Frage beschäftigt: in welcher abgekürzten und zugleich charakteristischen Form die chemische Zusammensetzung bei einer solchen Klassifikation zum Ausdruck gebracht werden kann. In vorliegender Abhandlung ist dieses Problem an der Hand eines großen Analysenmaterials zunächst für Tiefengesteine weiter ausgearbeitet worden; Erguß- und Ganggesteine sollen später folgen. Die Zusammenfassung zu chemischen Typen ist systematisch durchgeführt und die Verwandtschaften und Übergänge zwischen den verschiedenen Gesteinsfamilien einerseits, zwischen der atlantischen und pazifischen Sippe andererseits treten übersichtlich hervor.

Für die *Sitzungsberichte:*

2. Von Herrn *W. Salomon* (Heidelberg): *Die Bedeutung des Pliozäns für die Morphologie von Südwestdeutschland.* Der Verfasser zeigt, daß die Katzenbuckelhochfläche und viele andere Rücken und Hochflächen des Buntsandstein-Odenwaldes die Reste einer ehemals zusammenhängenden Abtragungsfläche sind, die sich nach Süden auch über das Gebiet des Kraichgaues ausdehnte. Eine entsprechende Fläche ist aber auch im Pfälzerwald bekannt; und die eigentümliche Stufenlandschaft der Baar bei Donaueschingen ist ebenfalls aus einer solchen Fläche hervorgegangen. Die Untersuchung der eigentümlichen weißen Sande und Tone des oberen Pliozäns in der Pfalz, dem Elsaß, dem Odenwald und der Wetterau macht es höchst wahrscheinlich, daß die Enteisenung und Entkalkung dieser Bildungen auf Moorbleichung zurückzuführen ist. Die Moore aber entstanden auf der nur mit geringem Gefälle ausgestatteten pliozänen Gleichgewichtsfläche, die identisch ist mit den vorher angeführten Abtragungsflächen der südwestdeutschen Gebirge. Am Ende des Pliozäns fehlten also noch alle die landschaftlich bezeichnenden Merkmale des heutigen Südwestdeutschlands; und erst später, vielleicht sogar erst bei Beginn des Diluviums, vertiefte sich der oberrheinische Graben von neuem zwischen den frisch emporsteigenden Randgebirgen. Daher ist unser ganzes südwestdeutsches Relief sehr viel jünger, als man bisher angenommen hatte.

3. Von Herrn *O. Perron* (Heidelberg): *Über Integration von gewöhnlichen Differentialgleichungen durch Reihen.*

4. Von Herrn *F. Pfeiffer* (Heidelberg): *Über die Bestimmung der Lage und Höhe eines Punkts aus zwei photogrammetrischen Aufnahmen.* Vorgelegt von Herrn *P. Stäckel.* Das Pulfrichsche Verfahren zur graphischen Punktbestimmung bei zwei stereophotogrammetrischen Aufnahmen mit gleichmäßig verschwenkten horizontalen Achsen wird erweitert auf den Fall windschiefer Achsen samt Sonderfällen. Für die rechnerische Punktbestimmung bei bekannten Orientierungselementen werden Formeln aufgestellt.

5. Von Herrn *A. Ewald* (Heidelberg): a) *Die Schwalbeschen Scheiden der elastischen Fasern;* b) *Über pigmenthaltige Knorpelzellen.* Vorgelegt von Herrn *A. Kossel.* In der ersten Arbeit schildert Verfasser eine Färbemethode mit ganz verdünnter Gentianaviolettlösung und Nachbehandlung mit Phosphormolybdänsäure, durch die es gelingt, die Schwalbeschen Scheiden, die von *Schwalbe* mit starker Kalilauge, vom Verfasser durch Verdauung nach Osmiumsäurebehandlung gefunden waren, nicht nur an den dicken elastischen Fasern des Nackenbandes des Rindes, sondern auch an den feineren und feinsten Fasern im Knochen, Knorpel und der Haut, auch beim Menschen, mit Sicherheit nachzuweisen. In der zweiten Arbeit konnte er durch Färbung lebendfrischer Knorpel (von Rana, Salamandra) mit sehr verdünnter Methylenblaulösung in halbprozentiger Kochsalzlösung und Fixieren mit molybdänsaurem Ammoniak eine isolierte Färbung der Knorpelzellkapseln erzielen und so zeigen, daß bei den von *Ranvier* im Skleralknorpel des Froschs gefundenen pigmenthaltigen Knorpelzellen das Pigment sicher auch in von Kapseln umgebenen Knorpelzellen liegt. Auch bei einigen anderen Batrachiern fand er pigmenthaltige Zellen im Skeralknorpel.

26. April.

Vorsitzender: Herr *Bütschli*.

Es werden folgende wissenschaftliche Arbeiten vorgelegt:

1. Von Herrn *O. Perron* (Heidelberg): *Über die Abhängigkeit der Integrale eines Systems linearer Differentialgleichungen von einem Parameter. III. Abh.*

2. Von Herrn *A. Kossel* eine Arbeit von *A. Kossel* und *S. Edlbacher* (Heidelberg): *Über die Methylierung von Dipeptiden.* Die Verfasser versuchten, mit Hilfe der Methylierung reaktionsfähige Gruppen des Proteinmoleküls festzustellen. Aus früheren Erfahrungen ist zu schließen, daß die Methylierung an einzelnen Stickstoffatomen der Proteine angreift, und es war somit vorauszusehen, daß die Einführung von Methylgruppen einen Aufschluß über die Funktion verschiedenartig gebundener Stickstoffatome im Proteinmolekül geben kann. Eine Vorbedingung für derartige Untersuchungen ist die Kenntnis des Verhaltens solcher Stickstoffverbindungen, deren Vorkommen im Proteinmolekül nach den bisherigen Untersuchungen vorausgesetzt werden muß. Die Verfasser haben daher die Einwirkung einer erschöpfenden Methylierung (durch Dimethylsulfat) auf Dipeptide, und zwar Glycylglycin und dl-Alanylglycin untersucht. Hierzu kommt, daß

schon früher durch *Abderhalden* und *Kautzsch* die Einwirkung von Jodmethyl auf dl-Leucylglycin untersucht worden ist. In allen drei Fällen hat sich ein Eintritt von drei Methylgruppen in das Molekül des Dipeptids ergeben, und zwar nimmt die freie Amidogruppe drei Methylgruppen auf, während die Imidgruppe nicht verändert wird. Das gleiche Verhalten ist bei den im Proteinmolekül festgelegten peptidartig gebundenen Stickstoffatomen als Regel vorauszusetzen.

3. Von Herrn *A. Kossel* eine Arbeit von *S. Edlbacher: Über die freien Amidogruppen der Eiweißkörper.* Der Verfasser untersuchte das Verhalten einer Reihe von Proteinstoffen gegen Dimethylsulfat, um durch Festsetzung der Anzahl der am Stickstoff eintretenden Methylgruppen Rückschlüsse auf die Zahl und das Verhalten der freien Amidogruppen zu ziehen. Die Bestimmungen wurden mit Hilfe des von *Edlbacher* in diesen Sitzungsberichten beschriebenen Verfahrens ausgeführt. Die bisher untersuchten typischen Proteine nehmen für 100 Atome Stickstoff 13—19 CH_3-Gruppen auf, die Protamine 0—24 CH_3-Gruppen. Bei gewissen Protaminen treten hierbei Verschiedenheiten im Bau zutage, die auf anderen Wegen bisher noch nicht festgestellt worden sind (Clupein und Salmin). Da bei der Hydrolyse der Proteine durch Säurespaltung oder durch Enzyme neue Amidogruppen entstehen, wird auch die Aufnahmefähigkeit für Methylgruppen vermehrt, und zwar wächst bei fortschreitender Hydrolyse diese Aufnahmefähigkeit proportional der durch Formoltitrierung nachweisbaren Zunahme der freien Amidogruppen. Eine sehr bemerkenswerte Ausnahme hiervon ist aber im Beginn der Hydrolyse bemerkbar. In der ersten halben Stunde der Proteolyse findet eine Umsetzung ganz besonderer und bisher noch unbekannter Art statt; denn in dieser Zeit wächst die Zahl der Amidogruppen viel schneller als die Aufnahmefähigkeit der Methylgruppen.

4. Von Herrn *W. Salomon* eine Arbeit von *L. Buchner* und *W. Salomon* (Heidelberg): *Die Lagerungsform des Westerwälder Sohlbasalts.* Unter der Westerwälder Braunkohle liegt eine flachausgebreitete Basaltmasse, die in den Erläuterungen zu der geologischen Karte des Hohen Westerwaldes als Decke aufgefaßt wird. Die Verfasser zeigen aber, daß der Basalt eine große Anzahl von Sätteln und Kuppen in die überlagernde Kohle hinauftreibt, durch die die Lagerung der Kohle verändert ist. Der Basalt entsendet ferner langgestreckte zungenartige Apophysen in die Kohle, umschließt Bruchstücke von ihr und hat sie im Hangenden kontaktmetamorph in Steinkohle vom dreifachen Heizwert verwandelt. Unter diesen Umständen ist der Sohlbasalt als ein Lagergang mit lakkolithischen Aufwölbungen aufzufassen.

28. Juni.

Vorsitzender: Herr *Bütschli.*

Es werden folgende wissenschaftliche Arbeiten vorgelegt:

1. Von Herrn *L. Königsberger* (Heidelberg): *Über die Hamiltonschen Differentialgleichungen der Dynamik* (Ergänzung zur Abhandlung IV).

2. Von Herrn *E. A. Wülfing* eine Arbeit des Herrn *K. Hofmann-Degen* (Mannheim): *Über die Schlacke der Clausthaler Silberhütte, eine Eisenfrischschlacke von Bochum und die Beziehung ihrer Kristallbildungen zu Olivin, Hardystonit und Melilith.* Der erste Teil enthält eine ausführliche Untersuchung eines zinkhaltigen Eisenkalkolivins und seiner Stellung innerhalb der Olivingrupe. Der zweite, umfangreichere Teil beschäftigt sich mit den in den Hochofenschlacken auftretenden quadratischen Silikaten. Der Verfaser findet, daß diese alle, zusammen mit dem natürlich vorkommenden Zinksilikat Hardystonit, einer neuen, bisher unbekannten Familie isomorpher Pyrosilikate von dem allgemeinen Typus $R_3Si_2O_7$ (worin R ein zweiwertiges Metallatom ist) angehören, die von dem Melilith durch aus zu trennen sind. Die Eigenschaften dieser „Justitfamilie", vor allem die Dispersion ihrer Licht- und Doppelbrechungen und die mit diesen zusammenhängenden ungewöhnlichen Interferenzfarben, werden eingehend studiert.

3. Herr *A. Kossel* referiert über eine mit Unterstützung der Klasse ausgeführte und schon veröffentlichte Arbeit von Frau *M. Nelson-Gerhardt: Untersuchungen über Salmin.* Bei der Hydrolyse der Proteine tritt eine Abnahme des Säurebindungsvermögens ein, welche von *Sörensen* durch die Entstehung sauer reagierender Peptide erklärt wird. Verfasserin zeigte, daß diese Annahme in dem von ihr untersuchten Fall (Hydrolyse des Salmins) zwar einen Teil der Alkaleszenzabnahme erklären kann, daß aber die Menge der im Reaktionsgemisch vorhandenen Peptide zu gering war, um die ganze Änderung des Säurebindungsvermögens verständlich zu machen. Auch waren keine sauer reagierenden Amidosäuren entstanden. Zur Erklärung dieser Ergebnisse ist eine esterartige Verbindung der Hydroxylgruppe des Serins mit der Carboxylgruppe einer Amidosäure im Proteinmolekül anzunehmen. Bei dem hydrolytischen Zerfall einer derartigen Verbindung muß die ursprünglich vorhandene alkalische Beschaffenheit verschwinden, ohne daß dabei eine Substanz von ausgeprägt sauren Eigenschaften entsteht.

5. August.

Vorsitzender: Herr *Bütschli.*

Herr *M. Wolf* legt eine wissenschaftliche Arbeit des Herrn *H. Vogt* (Heidelberg) vor: *Gesetzmäßigkeiten bei Doppelsternveränderlichen.* Eine Zusammenstellung der Elemente der Doppelsternveränderlichen ergibt neben anderen Gesetzmäßigkeiten eine Abhängigkeit des Radienverhältnisses beider Komponenten und der mittleren Dichte des Systems von der Periode. Es läßt sich auch zeigen, daß die Systeme, bei denen die hellere die größere Komponente ist, die in der Entwicklung am weitesten vorgeschrittenen sind.

6. Dezember.

Vorsitzender: Herr *Bütschli.*

Es werden folgende wissenschaftliche Arbeiten für die Sitzungsberichte vorgelegt:

1. Von Herrn *O. Perron* (Heidelberg): *Über Integration von gewöhnlichen Differentialgleichungen durch Reihen. III.*

2. Von Herrn *L. Königsberger* (Heidelberg): *Über die Beziehungen zwischen Integralfunktionen algebraischer Differentialgleichungssysteme.*

3. Durch Herrn *J. v. Kries* (Freiburg) eine Arbeit von Herrn *Windaus* (Göttingen): *Untersuchungen über Colchicin. IV.*

In der IV. Mitteilung über Colchicin wird der Nachweis geführt, daß dieses Alkaloid drei verschiedene Ringe enthält, von denen jeder einzelne je nach Wahl der Versuchsbedingungen durch Oxydation aus dem Molekül herausgeschält werden kann: es wurden dabei erhalten 1, 2, 3-Trimothoxy-o-phtalsäure, 4-Methoxy-o-pthalsäure und endlich Terepthalsäure. Es wird wahrscheinlich gemacht, daß diese Ringe im Colchicin zu einem Phenanthvenderivat verschmolzen sind.

4. Durch Herrn *L. Königsberger* eine Arbeit des Herrn *L. Heffter* (Freiburg): *Bemerkungen zur projektiven Maßbestimmung.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner,* Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 8. (Seite 141—160) **20. Februar 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Ernst Stahl zum Gedächtnis. Von *K. Goebel, München.* S. 141.

Philosophische Kritik der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Von *Hans Reichenbach, Berlin-Lichterfelde.* S. 146.

Der Farbstoff der Mitteldarmdrüse des Krebses. Von *L. Lewin, Berlin.* (Mit 1 Abbildung). S. 154.

Besprechungen:

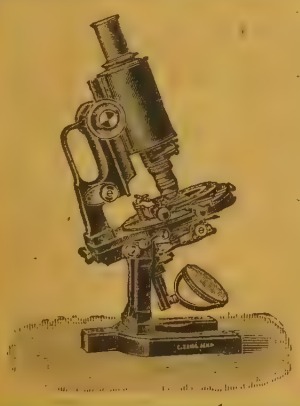
Hofmann, Karl A., Lehrbuch der anorganischen Experimentalchemie. Von *R. J. Meyer, Berlin.* S. 155.

Mecklenburg, Werner, Kurzes Lehrbuch der Chemie. Von *A. Rosenheim, Berlin.* S. 156.

Schiebold, E., Die Verwendung der Lauediagramme zur Bestimmung der Struktur des Kalkspates. Von *P. P. Ewald, München.* S. 157.

Mitteilungen aus dem Gebiete der Röntgenstrahlen S. 158—160.

ZEISS



Mikroskope

und mikroskopische Hilfsapparate

Paraboloid-Kondensor

für Dunkelfeldbeleuchtung

Lupen, Epidiaskope

Projektions-Apparate

Kleiner Projektionsapparat für Diapositive

Druckschriften kostenfrei

BERLIN HAMBURG

CARL ZEISS JENA

WIEN BUENOS AIRES

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 12.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.20.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	0	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

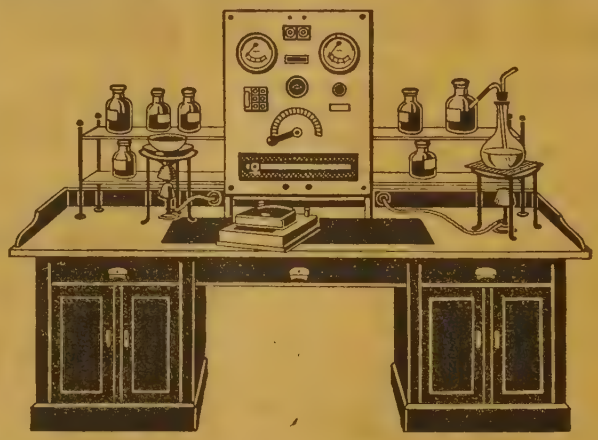
in Pillenform

ein von der Ärztewelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes **blutbildendes Eisenpräparat** von höchster **Wohlbekömmlichkeit.**

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a. Rh.

Siemens & Halske A.-G. Wernerwerk
SIEMENSSTADT BEI BERLIN



Experimentier- und Elektrolyse-Tische

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 20. Februar 1920. Heft 8.

Ernst Stahl zum Gedächtnis.

Von K. Goebel, München.

Ernst Stahl war Elsässer (geb. 21. Juni 1848 in Schiltigheim bei Straßburg, gest. am 3. Dezember 1919 in Jena). Er studierte zunächst an der „Akademie" in Straßburg, deren dürftige, mehr als provinziale Einrichtungen wir in den ersten Jahren der deutschen Universität noch zu kosten bekamen[1]). Es kann uns nicht wundern, daß *Stahl* sich nach 1870 — ebenso wie der bekannte Naturforscher und Phytopaläontologe *W. Ph. Schimper* — der deutschen Wissenschaft anschloß.

Die deutschen Botaniker waren damals unbestritten die führenden. Noch wirkte *Mohl* in Tübingen, der Mitbegründer der Phytotomie. Die entwicklungsgeschichtlich-morphologische Forschung war durch *Schleiden* neu belebt worden. Die Untersuchung der niederen Pflanzen strebte namentlich seit *Thurets* Entdeckung der sexuellen Fortpflanzung bei den Fucaceen längst nicht mehr die bloße Formenkenntnis, sondern die Aufhellung des gesamten Entwicklungsganges an, ein Gebiet, auf dem *Hofmeister, Cohn, Pringsheim* und *de Bary* mit glänzendem Erfolg tätig waren, während *Nägeli* in München das Gesamtgebiet durch tief eindringende Forschungen förderte, und die Pflanzenphysiologie durch *Sachs* neu begründet wurde. In rascher Reihenfolge reihten sich bedeutende Entdeckungen und Arbeiten aneinander — sich daran zu beteiligen mußte auf einen so begabten jungen Naturforscher, wie der junge *Stahl* es war, einen unwiderstehlichen Reiz ausüben. Zunächst zog es ihn in das Laboratorium von *Anton de Bary* in Halle, der dann bei der Gründung der deutschen Universität Straßburg als eine ihrer führenden Persönlichkeiten wirkte.

Stahl hätte keine bessere Wahl treffen können. *De Bary* war nicht nur ein ungemein kenntnisreicher, peinlich gewissenhafter Forscher, sondern auch ein vorzüglicher Lehrer, der durch seine nie rastende Tätigkeit und sein ausgedehntes Wissen als Vorbild wirkte und an seine Schüler ebenso strenge Forderungen stellte, wie an sich selbst, dabei aber auch von bezaubernder Liebenswürdigkeit sein konnte.

Als der Schreiber dieser Zeilen im Herbste 1876 in das de Barysche Laboratorium eintrat, wurde ihm dort ein kleiner blonder Botaniker, Dr. *Stahl*, als der „Stern" des Instituts bezeichnet. Dankbar gedenke ich auch hier der Freundlichkeit, mit der sich dieser des jungen Studenten annahm, mit dem ihn dann eine erst durch den Tod gelöste Freundschaft verband.

Seine Doktorarbeit hatte *Stahl* noch in Halle ausgeführt. Sie entsprang naturgemäß einer Anregung *de Barys*. Dieser bearbeitete damals für das Hofmeistersche Handbuch der physiologischen Botanik die vergleichende Anatomie, was ihn zu langwierigen Nachuntersuchungen veranlaßte. Diese gaben Gelegenheit auch zu manchen anatomischen Dissertationen. Zu ihnen gehört auch *Stahls* Abhandlung „Entwicklungsgeschichte und Anatomie der Lenticellen"[1]). Sie zeigt schon die Züge angedeutet, die sich in den späteren Arbeiten noch mehr entfalten: Genauigkeit der Beobachtung verbunden mit Weite im Blick und Neigung zur experimentellen Fragestellung. Denn *Stahl* begnügte sich nicht damit, die örtlichen Beziehungen der „Rindenporen" zu den Spaltöffnungen, auf die schon *Unger* hingewiesen hatte, und ihren Bau eingehend festzustellen. Ein kurzer Schlußabschnitt behandelt auch deren physiologische Bedeutung — auf Grund einfacher Versuche wird die Bedeutung der Lenticellen für den Gasaustausch nachgewiesen.

Immerhin kann diese Erstlingsarbeit aber doch nur als eine sehr tüchtige Laboratoriumsarbeit betrachtet werden, die unter dem Einfluß eines hervorragenden Lehrers entstand.

Schon *Stahls* zweite Leistung aber erwarb ihm einen sehr bekannten Namen. Es waren das seine „Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Flechten"[2]). Die Flechten hatten in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts nicht nur für die Botanik, sondern für die gesamte Biologie eine ganz besondere Bedeutung gewonnen. Waren doch diese früher als einheitliche Organismen betrachteten Pflanzen als Doppelwesen erkannt worden, welche durch „Symbiose" eines Pilzes mit einer Alge zustandekommen. Wir können jetzt, nachdem wir zahlreiche andere Fälle von Symbiose kennen gelernt haben, kaum mehr verstehen, daß sich über die Doppelnatur der Flechten ein von den Verteidigern der alten Auffassung oft mit Leidenschaft geführter Streit entspann. Über diesem traten andere ungelöste Flechtenprobleme in den Hintergrund, namentlich das: wie entstehen die Fruchtkörper der

[1]) Die meisten naturwissenschaftlichen Institute waren zunächst noch in dem Gebäude der Akademie untergebracht, auch der kleine botanische Garten wurde erst Anfang der achtziger Jahre durch eine Neuanlage ersetzt.

[1]) Botanische Zeitung XXXI (1873), S. 561 ff.

[2]) Heft I, Band 11, Leipzig 1877.

Flechten; besitzen diese (bzw. der Flechtenpilz, der allein die Sporen liefert) eine geschlechtliche Fortpflanzung und stehen damit vielleicht die rätselhaften, zahllose kleine (einer vegetativen Entwicklung nicht fähige) Zellchen hervorbringenden Gebilde in Zusammenhang, die man als „Spermogonien" bezeichnet? *Stahls* Beobachtungskunst gelang es, diese Frage für eine Anzahl von Flechten zu lösen — soweit sie für unsere derzeitigen Untersuchungsmethoden überhaupt lösbar ist. Er wies eine überraschende Ähnlichkeit der Fruchtkörperbildung mit der der Florideen nach und konnte es als höchst wahrscheinlich erweisen, daß die eben erwähnten kleinen Zellchen tatsächlich männliche Sexualzellen („Spermatien") darstellen, wenn auch der Vorgang einer Kernverschmelzung wegen der außerordentlichen Kleinheit der Zellkerne nicht beobachtet werden konnte. Außerdem entdeckte er Flechten, die insofern auf der höchsten Stufe der Symbiose stehen, als sie aus ihren Fruchtkörpern gleichzeitig Pilzsporen und Algenzellen entleeren, und damit den Aufbau eines neuen Flechtenthallus aus seinen beiden verschiedenen Komponenten von vornherein sichern.

Die Flechtenarbeit, mit der sich *Stahl* 1877 in Würzburg habilitierte, bildete den Abschluß seiner ersten, mehr morphologischen Problemen gewidmeten Forschertätigkeit. Andere Aufgaben nahmen ihn jetzt so vorwiegend in Anspruch, daß er sich z. B. erst nach Jahren entschließen konnte, seine Beobachtungen über eine außerordentlich interessante, von ihm in seiner elsässischen Heimat entdeckte — seither meines Wissens von niemand mehr aufgefundene — Alge zu veröffentlichen[1]).

Nach Würzburg zog *Stahl* vor allem der Verkehr mit dem berühmten Pflanzenphysiologen *Sachs*, in dessen Institut damals junge Botaniker aus aller Herren Länder sich zusammenfanden. *Stahl* arbeitete aber nicht im Sachsschen Institut, sondern in seiner Wohnung. Er verstand es, stets mit einfachen Mitteln originelle Entdeckungen zu machen, war also auf die Institutsapparate nicht angewiesen. Außerdem vermied er dadurch auch alle Konflikte und Verstimmungen, denen andere bei dem oft empfindlichen und reizbaren Temperament von *Sachs* nicht immer entgingen.

Die Würzburger Jahre waren für ihn wissenschaftlich fruchtbare; obwohl — bei seiner Scheu vor allem öffentlichen Hervortreten — die Lehrtätigkeit verhältnismäßig viel Zeit in Anspruch nahm. Seine Tätigkeit ist von jetzt ab so gut wie ausschließlich der Physiologie und Ökologie der Pflanzen gewidmet. Sie kann hier nur in ihren wichtigsten Äußerungen kurz geschildert werden.

Zunächst beschäftigten ihn Untersuchungen auf dem Gebiete der Reizphysiologie. Dabei kam ihm seine Kenntnis der niederen Pflanzenformen besonders zustatten. Die Einwirkungen des Lichtes auf den Chlorophyllapparat der Zellen sind bei diesen viel einfacher zu beobachten als bei den vielzelligen höheren Pflanzen. So ist z. B. seit der Veröffentlichung von *Stahls* Untersuchungen „Über den Einfluß von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche"[1]) die Algengattung Mesocarpus ein klassisches Objekt geworden — ihr plattenförmiger Chlorophyllkörper ist, wie *Stahl* fand, bei schwacher Lichtintensität in „Flächenstellung" — also rechtwinklig zur Richtung der Lichtstrahlen orientiert, bei starker in „Profilstellung". Ganz ähnliche Erscheinungen konnte *Stahl* für die Chlorophyllkörper in den Zellen höherer Pflanzen und auch für phototropische Bewegungen nachweisen. Daran schlossen sich wichtige Beobachtungen über die merkwürdigen Bewegungen der Desmidiaceen (behäuteter Zellen ohne Cilien usw.), während die über Schwärmsporen wegen einer gleichzeitigen Veröffentlichung *Strasburgers* über denselben Gegenstand nur kurz veröffentlicht wurden.

Schon 1880 wurde *Stahl* als Extraordinarius nach Straßburg, 1881 als Ordinarius und Nachfolger *Strasburgers* nach Jena berufen. Dieser Stadt, deren herrliche Umgebung ihn, dem unmittelbarer Verkehr mit der Natur und Beobachtung im Freien ein Bedürfnis war, fesselte, blieb er trotz der Versuche, ihn für andere Hochschulen zu gewinnen, treu. Der schöne botanische Garten war ihm besonders ans Herz gewachsen. *Stahl* hat in Jena, trotzdem ein von Haus aus nicht starker Körper seine Arbeitsfähigkeit oft beeinträchtigte, nicht nur eine Reihe ausgezeichneter Arbeiten ausgeführt, sondern auch zahlreiche Schüler angezogen, die Einzelfragen in seiner Richtung näher untersuchten.

In seiner Forschertätigkeit tritt neben rein physiologischen Fragen, denen er sich schon in Würzburg zugewendet hatte, vor allem der Einfluß *Darwins*, den *Stahl* hoch verehrte, hervor. Nicht etwa in der Weise, daß *Stahl* — nach dem Vorgange seines Amtsgenossen *E. Häckel* — sich mit phylogenetischen Spekulationen befaßt hätte. Diese lagen seinem nüchtern-kritischen Sinne durchaus fern. Was ihn fesselte, war vielmehr die durch *Darwin* (namentlich durch seine Untersuchungen über die Orchideen, Kreuzbefruchtung usw.) neu belebte Teleologie, welche die Zweckmäßigkeit in den Gestaltungsverhältnissen und Funktionen der Organismen als Ergebnis der natürlichen Zuchtwahl auffaßte.

Selbstverständlich lassen sich physiologische und ökologische Arbeiten nicht scharf voneinander trennen; es handelt sich ja nur um eine verschiedene Fragestellung für dieselben Lebensvorgänge, und die Richtigkeit einer ökologischen

[1]) Oedocladium protonema, eine neue Oedogoniaceengattung, Jahrb. für wissensch. Botanik XXIII (1892).

[1]) Botanische Zeitung 1880.

Deutung kann schließlich stets nur experimentell erwiesen werden. Das letztere ist auch bei *Stahls* ökologischen Deutungen nicht immer gelungen. Das kann an unserer mangelhaften Einsicht in die Verkettung der Lebenserscheinungen oder auch an der Unhaltbarkeit der streng teleologischen Auffassung liegen. Bekanntlich hat in den letzten Jahren eine starke Gegenströmung gegen diese eingesetzt, von der *Stahl* in seiner letzten Abhandlung hofft, daß sie sich wieder verlaufen werde. Ohne auf diese allgemeinen Fragen hier einzugehen, möchte ich im folgenden versuchen, ein Bild von *Stahls* physiologischer und ökologischer Tätigkeit in den Jahren 1881—1919 in flüchtigen Umrissen zu geben.

Dem Prinzip, zur Untersuchung der reizphysiologischen Vorgänge einfach organisierte Pflanzen heranzuziehen, entsprang seine klassische Arbeit „Zur Biologie der Myxomyceten“[1]). Die „Plasmodien“ der Myxomyceten — die man teils zu den Tieren, teils zu den Pflanzen gestellt hat — sind ja bekanntlich dadurch besonders interessant, daß sie die größten nur aus Protoplasma und dessen Stoffwechselprodukten bestehenden Organismen darstellen, deren Bewegungen auch mit bloßem Auge leicht verfolgt werden können. Die Existenzmöglichkeit dieser, einer festen Hülle entbehrenden, Plasmodien ist durch ihre von *Stahl* genau dargelegte Reizbarkeit für die Einflüsse der Außenwelt bedingt. Die Plasmodien erwiesen sich als rheotaktisch (sie bewegen sich der Wasserströmung entgegen), sie reagieren zunächst positiv hydrotaktisch (bewegen sich also nach den feuchteren Stellen hin), ändern aber später (beim Herannahen der Fortpflanzungszeit) ihre „Stimmung“ und wandern aus dem Substrat heraus. Sie geben ferner ein auffallendes Beispiel für Chemotaxis, die *Stahl* ganz unabhängig von den bekannten, fast gleichzeitig mit seiner Arbeit erschienenen Untersuchungen *Engelmanns* und *Pfeffers* bei ihnen auffand, sie werden also durch ein Konzentrationsgefälle bestimmter ins Wasser diffundierender Stoffe teils angezogen (*Stahls* „Trophotropismus“), teils abgestoßen. Andere Reizbewegungen mögen unerwähnt bleiben. Es sei nur hervorgehoben, von wie großem Interesse der Nachweis war, daß schon so einfach organisierte Organismen wie die Myxomyceten nach verschiedener Richtung hin mit Reizbarkeiten ausgestattet sind, war.

Eine andere, für die Reizphysiologie sehr wichtige Entdeckung *Stahls* war die, daß die geotropische Empfindlichkeit unterirdischer Pflanzenteile durch das Licht beeinflußt werden kann. Am auffallendsten tritt dies hervor bei einigen Rhizomen und Ausläufern, welche, solange sie sich im Boden befinden, rechtwinklig zum Erdradius sich einstellen, am Lichte aber unter einem Winkel von 45—90° nach abwärts wachsen. Es handelt sich dabei nicht um eine richtende Einwirkung des Lichtes, sondern um eine Beeinflussung der geotropischen Empfindlichkeit, die nicht nur deshalb wichtig ist, weil sie uns verständlich macht, daß diese Pflanzenteile, wenn sie zufällig von Erde entblößt werden, wieder in den Boden gelangen können, sondern auch deshalb, weil sie einen Angriffspunkt zur Aufklärung der noch so rätselhaften „Stimmungsänderungen“ gibt, wie sie bei Pflanzen vielfach auftreten.

Die schöne Untersuchung über Transpiration und Assimilation[1]), welche namentlich mit Hilfe der seither in jeder botanischen Vorlesung gezeigten „Kobaltpapiermethode“ ausgeführt wurde, sei nur flüchtig erwähnt, um noch auf *Stahls* ökologische Untersuchungen einzugehen, die ihm ganz besonders am Herzen lagen.

Sie bewegten sich namentlich in vier Richtungen: die Schutzmittel der Pflanzen gegen tierische Feinde, die Bedeutung der Transpiration, das Verhalten der Pflanzen zum Lichte und die Bedeutung der pflanzlichen Exkrete. In seinem Buche „Pflanzen und Schnecken, eine biologische Studie über die Schutzmittel der Pflanzen gegen Schneckenfraß“[2]) gab *Stahl* überraschende Aufschlüsse über Schutzmittel der Pflanzen gegen Tiere, namentlich Schnecken.

Auf Grund sorgfältiger Beobachtungen dieser gefährlichen Pflanzenfresser im Freien und zahlreicher Fütterungsversuche[3]) kam er zu dem Ergebnis, daß chemische Schutzmittel, wie Oxalsäure, ätherische Öle, Bitterstoffe usw., von großer Bedeutung seien. Namentlich aber kommen neben sonstigen mechanischen Schutzmitteln die nadelförmigen Kristalle (Raphiden) von Calciumoxalat in Betracht, die sich in manchen Pflanzen in Menge finden. Er zeigte, daß eine Anzahl von Pflanzen (namentlich Monokotylen) wegen ihres Raphidengehaltes von Schnecken (Helixarten) nicht gefressen werden, und daß auch andere Tiere, z. B. Kaninchen, solche Pflanzen meiden. Doch ist zu unterscheiden zwischen den „Spezialisten“, denen nur bestimmte Pflanzen zur Nahrung dienen und den wenig wählerischen „Omnivoren“, welche den Pflanzen besonders gefährlich sind.

Stahls Anschauungen über die Bedeutung dieser Schutzmittel sind vielfach auf Widerspruch gestoßen. Auch meiner Ansicht nach ist er in seinen teleologischen Deutungen und seinen Anschauungen über deren Zustandekommen vielfach zu weit gegangen[4]). Aber was will das heißen gegenüber den zahlreichen feinen Beob-

[1]) Botanische Zeitung 1884.

[1]) Botanische Zeitung 1894.

[2]) Januar 1888.

[3]) Sie trugen ihm von seiten eines berühmten, seither verstorbenen Botanikers den scherzhaften Beinamen „der kleine Schneckenfütterer“ ein!

[4]) So z. B. in seiner Annahme, daß die schlangenähnlich gefleckten Blattstiele mancher Araceen diesem „Schreckmittel“ ihren Schutz gegen das Gefressenwerden durch die Celebesantilope verdanken.

achtungen und originellen Auffassungen, mit denen er uns beschenkt hat? Von seinen Jahre hindurch fortgesetzten Untersuchungen über Transpiration seien nur einige besonders eigenartige Ergebnisse herausgegriffen.

Daß die Transpiration im Dienste der Nährsalzgewinnung stehe, war ihm zweifellos. Wenn das zutrifft, müßte man vermuten, daß bei Pflanzen niederschlagsreicher Gebiete Einrichtungen zur Förderung der Transpiration bestehen. Diese untersuchte *Stahl* auf zwei Tropenreisen, von denen ihn die eine nach Java, die andere nach Mexiko führte. Er sah als Anpassungen zur Förderung der Transpiration an: die Entwicklung großer Blattspreiten, Träufelspitzen (die eine rasche Trockenlegung der Spreiten nach Regen herbeiführen), Sammetblätter (auf denen sich das Wasser durch Kapillaranziehung rasch ausbreitet und verdunstet, also die Transpiration nur kurze Zeit hemmt), Buntblätterigkeit (die eine höhere Temperierung der Blätter und so Transpiration selbst bei wasserdampfgesättigter Luft gestattet), die unten zu erwähnenden nyklinastischen Bewegungen u. a.[1]).

Mit der Wasserdurchströmung und der Nährsalzaufnahme brachte er auch das Mykorrhizaproblem in Verbindung.

Die merkwürdige Tatsache, daß die Wurzeln (teilweise auch andere Organe) mancher Pflanzen regelmäßig von Pilzen bewohnt sind, hat die Botaniker in den letzten Jahrzehnten viel beschäftigt. Stellt eine solche „Pilzwurzel" (Mykorrhiza) nur einen Fall von den Wirt nicht weiter schädigendem Parasitismus dar, oder eine „Symbiose", von der auch die Pflanze, welche den Pilz beherbergt, Vorteil hat? Es braucht kaum bemerkt zu werden, daß *Stahl* die letztere Frage bejahte. Er untersuchte die Verbreitung der Mykorrhizen und zog dabei das ganze biologische Verhalten der Mykorrhizapflanzen in Betracht.

Seine eingehenden Untersuchungen im Freien wiesen darauf hin, daß es sich dabei meist um Pflanzen handelt, die auf nährstoffarmen humosen Böden wachsen. Ihr Wurzelsystem ist verhältnismäßig wenig entwickelt, demgemäß auch ihre Transpirationsgröße gering. In den Blättern findet sich als Assimilationsprodukt meist wenig Stärke, aber Zucker und wenig Aschenbestandteile. Die Pilze, die an diesen Standorten im Boden reichlich vorkommen, bedürfen großer Mengen von Aschenbestandteilen. Sie stehen mit den Wurzeln der höheren Pflanzen im Wettbewerb um die Nährsalze. Sie können diese vermöge ihrer großen Oberflächenentwicklung, ihres raschen Wachstums usw. leichter gewinnen als die Wurzeln. Es war also für die höheren Pflanzen von Vorteil, sich sozusagen mit Pilzen zu verbünden. Letztere bilden mit Hilfe der ihnen von der Wirtspflanze gelieferten Assimilate und der ihnen zur Verfügung stehenden Aschenbestandteile Eiweiß, von dem auch die Wirtspflanze einen Tribut erhält.

Darin erblickte *Stahl* den Sinn der Mykorrhizenbildung[1]). Er hat diese Ansicht auch gegenüber mannigfachen Einwänden aufrecht erhalten. Selbst Fälle, wie der von Neottia nidus avis, bei der es kaum gelingt, Verbindungen des in den Wurzeln befindlichen Myzels mit dem Waldboden aufzufinden, stehen, wie er in seiner letzten Arbeit[2]) betont, seiner Auffassung nicht entgegen. Die genannte Orchidee wächst an Stellen, wo ihr ausnahmsweise reich entwickeltes Wurzelsystem von einem Waldbodenauszug umspült wird, dessen Bestandteile aufgenommen werden. Der symbiontische Pilz würde hier zwar nicht für die Aufnahme, wohl aber für die Verarbeitung der Nährstoffe in Betracht kommen.

Besonders eingehend hat sich *Stahl* mit der Einwirkung des *Lichtes* auf die Pflanzen befaßt im weiteren Verfolg seiner schon oben erwähnten Untersuchungen. Zunächst zeigte er, daß bei den gewöhnlichen zweiseitig (bifapal) gebauten Laubblättern die auf der Oberseite liegenden „Palisadenzellen" die für starke Lichtintensitäten, die auf der Unterseite liegenden Schwammparenchymzellen die für schwächere Lichtintensitäten angepaßten Zellformen darstellen. Damit in Übereinstimmung steht der doppelte Nachweis: einmal der, daß viele Pflanzen je nach den Beleuchtungsverhältnissen verschieden gebaute Blätter, Sonnenblätter mit stark entwickeltem Palisadenparenchym und Schattenblätter mit sehr schwach entwickeltem hervorzubringen vermögen, und der, daß die „Kompaßpflanzen" (deren auf beiden Seiten gleich gebaute Blätter sich vertikal in die Nord-Süd-Ebene stellen) auf die Ausnutzung des Morgen- und Abendlichtes eingerichtet sind.

Namentlich aber suchte er auch die Frage zu lösen, weshalb denn die autotrophen Pflanzen ihre Vegetationsorgane gerade grün gefärbt haben[3]). Er fand darin eine bestmögliche Ausnutzung des Lichtes. Dieses bestehe hauptsächlich aus zwei verschiedenen Strahlengruppen: roten Strahlen, welche in direktem Sonnenlichte bei niederem Stand der Sonne über dem Horizont vorherrschen und blauvioletten, welche im zerstreuten Himmelslicht dominieren. Dem entsprechen zwei Gruppen von Pigmenten: die grüngefärbten zur Absorption der roten Strahlen, die gelben zur Absorption der blauen. Es ist hier nicht der Ort, auf die Kritik, welche diese Hypothese erfahren hat, einzugehen, es sei nur auf *Willstätters* bekannte Forschungen verwiesen.

[1]) Vergl. namentlich die Abhandlung „Über bunte Laubblätter", Ann. des jard. bot. de Buitenzorg *13*, 1896.

[1]) Der Sinn der Mykorrhizenbildung, Jahrb. für wissensch. Bot. *34*, 1900.

[2]) Flora *113* (1919), S. 8 Anm.

[3]) Zur Biologie des Chlorophylls. Laubfarbe und Himmelslicht, Jena 1909.

Daß die ökologische Formgestaltung die Bewegungen der Pflanzen als im Dienste besonderer Lebensverrichtungen erworbene betrachten muß, ist selbstverständlich.

Aber die Bedeutung dieser Bewegungen ist in einer ganzen Anzahl von Fällen zweifelhaft, selbst bei so auffällig rasch verlaufenden, wie denen von Mimosa pudica. *Stahl* erblickt in ihnen eine Schutzbewegung, welche in Verbindung mit den Stacheln der Mimose Tiere abhalten soll, diese Pflanzen zu fressen.

Eine solche Deutung ist aber für andere „nastische" Bewegungen nicht möglich.

Als im Dienste der Transpirationsförderung stehend betrachtet *Stahl* die merkwürdigen „Schlafbewegungen" der Blätter. *Ch. Darwin* hatte in diesen vor allem einen Schutz gegen nächtliche Wärmestrahlung gesehen, eine Anschauung, die sich auf Pflanzen, die in den Niederungen der Tropen wachsen, nicht wohl übertragen läßt. *Stahl* glaubte des Rätsels Lösung darin zu finden, daß er die Schlafbewegungen als Schutz gegen Taubeschlag auffaßte, „und zwar im Interesse der stomatären Transpiration, deren Aufgabe es ist, die Assimilationsorgane mit mineralischen Nährstoffen zu versorgen". Es ist das eine vom teleologischen Standpunkt aus gewiß sehr einleuchtende Deutung. Aber als erwiesen ist sie derzeit nicht zu betrachten — dazu fehlt es noch allzusehr an der experimentell festgestellten „Wasserbilanz" der Pflanzen, welche solche nächtlichen Blattbewegungen aufweisen.

Die letzte umfangreiche Arbeit *Stahls* war der Physiologie und Biologie der Exkrete gewidmet[1]). Sie bringt die Ergebnisse langjähriger Untersuchungen.

Ausgehend von dem Nachweis, daß mit der Abnahme der von den Wurzeln aufgenommenen Nitrate eine bei manchen Pflanzen recht erhebliche Zunahme des Calciumoxalates erfolgte, suchte *Stahl* der viel erörterten Frage nach der Bedeutung dieses Exkretes und der Exkretbildung überhaupt näher zu treten.

Es ergab sich zunächst, daß Zufuhr von Kalkverbindungen die immer weiter vor sich gehende Bildung von Oxalsäure veranlaßt, die dann zur Bildung von Calciumoxalat führt, während andere Pflanzen Calciumkarbonat ablagern oder ihren Kalküberschuß durch „Guttation" loswerden.

Deren Bedeutung liegt nach *Stahls* Auffassung nicht, wie man teilweise angenommen hatte, in einer Vermeidung der Infiltration der Interzellularräume, sondern auf dem Gebiete der Salzökonomie. Namentlich wird dadurch die Beseitigung nicht mehr verwertbarer Stoffe, deren Anhäufung im Innern der Pflanze schädlich wirkt, erreicht. Unterdrückung der Wasserspaltensekretion führt bei manchen Pflanzen zu Schädigungen. Die Guttation dient also zur Beseitigung einer schädlichen Anhäufung mineralischer Exkrete, eine Funktion, die bei Pflanzen „mit extrafloralen Nektarien" teilweise auch von letzteren übernommen werden kann. In einer Reihe weiterer Kapitel werden mit dem Hauptthema in engerer oder lockerer Verbindung stehende Vorgänge näher untersucht.

Stahl war sich bewußt, daß diese Abhandlung voraussichtlich seine letzte sein werde. Er hat deshalb darin nicht nur Beobachtungsergebnisse, sondern auch Folgerungen niedergelegt, zu denen er auf Grund seiner Erfahrungen und seines allgemeinen Standpunktes gelangt war. Es machte ihm das Scheiden schwer, daß er Fragen, deren Lösung oder Förderung er nach langer Vorbereitung nahe zu sein glaubte, nicht mehr bearbeiten könne. Es ist nicht möglich, auf diese Fragen hier einzugehen. Nur eine sei kurz gestreift.

Eine der Pflanzenfamilien, die durch den Reichtum ihrer Formen und die Eigenartigkeit ihrer Blütenbildung am auffallendsten hervortreten, ist die der Orchideen. Man hat ihre zahllosen Blütenformen als „Luxusanpassungen" betrachtet. *Stahl* war anderer Ansicht. Er wies darauf hin, daß bei der Beurteilung dieser Frage ernährungsphysiologische Tatsachen mit zu berücksichtigen seien. Die Orchideen sind „mykotrophe" Pflanzen mit geringer Wasserdurchströmung. Sie haben meist „Zuckerblätter" ohne Ausscheidung. Die schwache Nährstoffzufuhr gebiete auch Sparsamkeit in der Verausgabung wertvoller Baustoffe. Damit hänge der Blütenbau zusammen, der durch einmaligen Insektenbesuch vermöge der eigenartigen Pollenbildung die Erzeugung äußerst zahlreicher Samen bewirke. „Das entgegengesetzte Extrem bilden die verschwenderisch Pollen ausstreuenden Gramineen, Cyperaceen, Urticaceen und andere krautartige Anemophilen, alles Pflanzen mit sehr kräftiger Ausscheidung und leichtem Nährsalzerwerb. Die Schönheit vieler Orchideenblüten ist also nicht ein Ausdruck des Reichtums, sondern der Sparsamkeit. Vom botanischen Standpunkt betrachtet sind also die Orchideen keineswegs Luxuspflanzen." Ich habe diese Äußerung angeführt, weil sie mir für *Stahls* Naturauffassung und Arbeitsweise ganz besonders bezeichnend scheint.

Überall trifft man bei ihm feinsinnige und geistreiche Versuche, die Zusammenhänge oder, wie *Goethe* sagte, die „Bezüge" aufzudecken. Nicht überall und namentlich auch nicht in der letztgenannten Abhandlung reichen die bisherigen Kenntnisse aus, um die Stahlschen Auffassungen als durchaus gesichert zu betrachten. Überall aber sind sie originell und anregend, selbst wenn sie zu Widerspruch auffordern. Mir scheint deshalb die Art, in der *Stahl* seine Anschauungen äußerte, fruchtbarer als eine hyperkritisch vorsichtige, alle Möglichkeiten wägende, die oft lähmend wirkt.

Schon die kurze und unvollständige oben gegebene Übersicht zeigt, einen wie hochstehenden fruchtbaren Forscher die Botanik in *Stahl* ver-

[1]) Flora *113* (1919).

loren hat. Eine Aufzählung von *Stahls* Arbeiten sowie der auf seine Veranlassung entstandenen Dissertationen hat *W. Detmer,* sein langjähriger Jenaer Amtsgenosse und Freund, in der Einleitung zu der Festschrift gegeben, welche Fachgenossen, Freunde und Schüler *Stahl* zu seinem 70. Geburtstag (21. Juni 1918) gewidmet haben.

Philosophische Kritik der Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Von Hans Reichenbach, Berlin-Lichterfelde.

I.

Gesetzlichkeit und Kausalität.

Die Unsicherheit, mit der über die Geltung der Wahrscheinlichkeitsgesetze geurteilt wird, liegt darin begründet, daß diese Gesetze einen Widerspruch zu dem anerkannten Erkenntnisverfahren der Physik zu enthalten scheinen. Es ist die grundsätzliche Methode der *Physik,* das beobachtbare Geschehen auf Abhängigkeiten zurückzuführen, das gegenwärtige Geschehen als Wirkung eines früheren und als Ursache eines folgenden darzustellen; die Kausalketten, die dabei entstehen, gelten als eindeutig-bestimmte Funktionalzusammenhänge, und auch dort, wo es nicht gelingt, derartige Kausalketten aufzufinden, wird an ihrer prinzipiellen Existenz und schließlichen Auffindbarkeit festgehalten. Im Gegensatz dazu macht die *Wahrscheinlichkeitsrechnung* Aussagen über nicht-kausale Zusammenhänge, ja sie fordert sogar als Bedingung ihrer Gültigkeit die kausale Unabhängigkeit ihrer Objekte. Für das Würfelspiel z. B. wird vorausgesetzt, daß die einzelnen Würfe voneinander unabhängig erfolgen, die Kausalkette, die für jeden einzelnen Wurf zu seinem Resultat führt, wird gänzlich unbeachtet gelassen, und die entstehende Verteilung der Würfe wird ausdrücklich als eine Verteilung des Zufalls, ein „Spiel" im Gegensatz zu dem kausal gebundenen Ablauf anderer Naturereignisse bezeichnet. So scheint es, als ob Wahrscheinlichkeit und Kausalität einander ausschließen, als ob sie die Fragestellung „Zufall oder Gesetz?" in die Physik hineintragen und den Physiker zwingen, für das eine oder das andere sich zu entscheiden.

Es muß deshalb zu Beginn unserer Untersuchung darauf hingewiesen werden, daß eine derartige Alternative zu Unrecht konstruiert wird, daß ein unvereinbarer Gegensatz zwischen diesen Begriffen tatsächlich nicht besteht. Wenn auch die *kausale Abhängigkeit* methodische Voraussetzung der Physik ist, so ist sie doch keineswegs die einzig mögliche Form eines funktionellen Abhängigkeitsverhältnisses. Die Relation: „wenn A ist, so ist B" besagt noch nicht, daß A die Ursache von B ist; der Ursachebegriff setzt vielmehr (außer dem zeitlichen Folgeverhältnis) noch quantitative Beziehungen voraus, derart, daß einem quantitativ bestimmten A stets ein quantitativ bestimmtes B entspricht. Wird z. B. die Anziehungskraft der Sonne als die Ursache der Planetenbewegung bezeichnet, so bedeutet dies, daß die Größe dieser Kraft die Größen der Bewegung quantitativ bestimmt. Es sind aber noch andere funktionelle Relationen denkbar, z. B. „wenn A in einem Intervall α variiert, variiert B in dem Intervall β"; dafür braucht keineswegs vorausgesetzt zu werden, daß jedem Wert A innerhalb des Intervalls α ein bestimmter Wert B innerhalb des Intervalls β korrespondiert. Auch eine Aussage dieser Art würde ein Naturgesetz darstellen können, das allerdings kein Kausalgesetz wäre. Würde man neben den Kausalgesetzen noch Naturgesetze dieser zweiten Art formulieren, so wäre das kein Widerspruch. Denn die zweite Art der Gesetzlichkeit schließt ja die erste nicht aus; es ist z. B. durchaus möglich, daß innerhalb der Intervalle jedem bestimmten A ein bestimmtes B entspricht. Es gibt auch andere Möglichkeiten, z. B. daß zwischen A und B ein Kausalverhältnis nicht besteht, daß A eine ganz andere Größe C kausal korrespondiert und B eine andere Größe D, die beide von diesem Gesetz nicht berührt werden. Solange das Gesetz der zweiten Art die erste (kausale) Abhängigkeit nicht ausdrücklich ausschließt, solange auf jede widersprechende Voraussetzung über die Abhängigkeit innerhalb des Intervalls verzichtet wird, sind die beiden Arten der Gesetzlichkeit vereinbar.

Wenn also die Gesetze der Wahrscheinlichkeit von *anderer Art* sind als die Kausalgesetze, so folgt aus dieser Tatsache allein noch nicht, daß sie in einen *Widerspruch* zur Kausalität treten. Gesetzlichkeit ist ein allgemeinerer Begriff als Kausalität. Daß beim Würfeln ein Gesetz existiert, welches die Verteilung der Würfe bestimmt, ohne jedoch dem einzelnen Wurf eine Ursache zuzuordnen, ergibt keinen Widerspruch zum Kausalprinzip. Denn das Gesetz läßt es ganz offen, ähnlich wie wir es für die innerhalb des Intervalls variierende Größe formuliert haben, welche Größe dem einzelnen Wurf als Ursache zugeordnet werden muß. Im Gegenteil zweifelt niemand daran, daß für den Einzelwurf eine Kausalkette aufzeigbar ist, die gerade zu diesem bestimmten Resultat führen mußte; aber das wiederum ändert nichts an der Tatsache, daß die Gesamtheit der Würfe einem Verteilungsgesetz unterliegt. Man kann die Wahrscheinlichkeitsgesetze in dieser Form ausdrücken: „Wenn gewisse Bedingungen in bestimmten Grenzen variieren (z. B. die Fallzeit, die Rotationsgeschwindigkeit des Würfels usw.), so variieren andere Größen (die geworfenen Würfelseiten) innerhalb bestimmter Grenzen nach einem besonderen Gesetz." Der Verzicht auf die Aussage der Kausalität, der hierin liegt, bedeutet nicht ihre Negierung.

Es genügt allerdings nicht, zu zeigen, daß neben der Kausalgesetzlichkeit noch andere Gesetzlichkeiten der Natur möglich sind, die ihr nicht widersprechen. Es muß noch gezeigt werden, daß in der *speziellen Form* der Wahrscheinlichkeitsbeziehung, in dem „besonderen Gesetz"

der obigen Definition, kein Widerspruch zum Kausalprinzip enthalten ist. Wir sind, um dies durchzuführen, in einer glücklichen Lage; denn wir haben bereits in einer früheren Untersuchung[1]) die physikalischen Voraussetzungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung aufgedeckt und kennen jenes besondere Gesetz. Wir konnten unter den Voraussetzungen diejenigen abtrennen, die gewöhnliche physikalische Erfahrungsresultate sind und im einzelnen mit den Methoden der wissenschaftlichen Beobachtung kontrolliert werden können; hierher gehören die räumliche Gleichheit gewisser Stücke (z. B. der Sektoren im Roulettespiel), die Unabhängigkeit der Einzelvorgänge (z. B. läßt es sich sehr einfach feststellen, ob zwei fallende Steine einander beeinflussen oder nicht), das Auftreten einer größeren Zahl störender Ursachen (in der Fehlertheorie). Wir konnten zeigen, daß neben diesen eine Voraussetzung übrig blieb, die nicht mit anderen physikalischen Methoden geprüft werden kann, die eine Gesetzmäßigkeit der Natur bedeutet und als Gesetz der Wahrscheinlichkeit angesehen werden kann. Wir formulierten sie als Hypothese der Wahrscheinlichkeitsfunktion, und da sie das eigentlich Problematische der Theorie enthält, brauchen wir nur diese Hypothese zu kritisieren, um zu einem Urteil über die ganze Theorie zu kommen. Wir werden die Untersuchung über die Widerspruchslosigkeit dieser Hypothese gegenüber dem Kausalprinzip sogleich durchführen, um damit die *Möglichkeit* der Wahrscheinlichkeitsgesetze darzutun. Erst danach werden wir dazu übergehen, auch ihre *Notwendigkeit* für die physikalische Erkenntnis aufzuzeigen.

II.

Das Gesetz der Wahrscheinlichkeit in der Form der Hypothese von der Wahrscheinlichkeitsfunktion enthält keinen Widerspruch zum Kausalgesetz.

Was bedeutet das Prinzip der Wahrscheinlichkeitsfunktion? Es besagt (wir sprechen hier der Einfachheit halber nur von *einer* Veränderlichen und werden die Betrachtungen erst nachher auf mehrere Veränderliche ausdehnen, wodurch nichts Grundsätzliches geändert wird): wird eine physikalische Größe x unter einer gewissen Variation der Anfangsbedingungen wiederholt realisiert, so läßt sich die Häufigkeit ihrer Einzelwerte einer stetigen Kurve $\varphi(x)$ zuordnen durch den Ausdruck

$$\left(\frac{h}{N}\right)_{\lim N=\infty} = \int_a^b \varphi(x)\,\mathrm{d}x.$$

Hierin begrenzen a bis b ein Intervall der Größe x, und h bedeutet die Anzahl der in das Intervall fallenden Werte und N die Gesamtzahl der Wiederholungen.

Problematisch ist zunächst, *was unter Wiederholung „derselben Größe" zu verstehen* ist. Physikalisch realisierbar ist immer nur ein *Vorgang;* und so läßt sich auch nur ein Vorgang, ein *zeitlicher Ablauf* physikalischer Veränderungen, wiederholt verwirklichen. Die Beschreibung eines Vorganges vollziehen wir jedoch dadurch, daß wir die ihn bestimmenden Größen, Parameter, herausgreifen und deren Veränderung als Funktion der Zeit oder ihrer gegenseitigen Werte darstellen. So sind z. B. die den rotierenden Roulettezeiger bestimmenden Parameter außer dem (in Vielfachen von 360° gezählten) Umdrehungswinkel Ω noch die Länge des Zeigers, seine Masse, seine Reibung usw. Jeden dieser Parameter können wir als durch den wiederholten Vorgang wiederholt realisierte Größe betrachten, von jedem ließe sich eine der genannten Formel entsprechende Aussage machen. Wenn wir im Roulettespiel gerade den Umdrehungswinkel Ω herausgreifen, so geschieht dies lediglich aus Zweckmäßigkeitsgründen; diese Größe ist anschaulich sichtbar zu verfolgen, ihre Einteilung in Intervalle ist durch eine einfache geometrische Zeichnung, die farbigen Sektoren, unmittelbar gegeben und vermittelt eine anschauliche Darstellung des Wahrscheinlichkeitsgesetzes[1]). Die Wahl der betrachteten Größe bietet also keine grundsätzlichen Schwierigkeiten; aber es kommt eine weitere Unbestimmtheit hinzu. Mit welchem Recht können wir eigentlich den Umdrehungswinkel Ω des Roulettezeigers als „dieselbe" Größe bezeichnen, die wiederholt dargestellt wird? Wir wissen, daß die einzelnen Zahlenwerte dieses Winkels jedesmal verschieden sind. Allerdings können wir sagen, daß es stets dieselben Größen sind, die diesen Winkel bestimmen: die drehende Anfangskraft, die Masse des Zeigers, die Reibung der Achse. Aber das verschiebt nur das Problem: mit welchem Recht sind dies „dieselben" Größen, wo doch auch ihr Zahlenwert schwanken muß, wenn verschiedene Werte Ω entstehen sollen? Denken wir uns, um von den Schwankungen der menschlichen Kraft, die den Zeiger dreht, unabhängig zu werden, einen Apparat konstruiert, der den Antrieb besorgt; er sei mit der größten Präzision ausgeführt, so daß wir die bestimmenden Größen so konstant wie nur möglich halten können. Denken wir uns sogar diesen Apparat durch einen Ingenieur von metaphysischer Geschicklichkeit bedient, so daß die genannten Größen wirklich jedesmal genau denselben Wert haben — niemand wird zweifeln, daß dennoch eine Variation des Winkels Ω eintreten wird. Das liegt daran, daß diese 3 Größen den Drehungsvorgang ja gar nicht allein bestimmen. Es gibt immer noch andere mitbestimmende Fak-

[1]) *Reichenbach*, Die physikalischen Voraussetzungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung, Naturwissenschaften 8, 46, 1920. Diese Arbeit entwickelt die axiomatischen Grundlagen der folgenden philosophischen Untersuchung; ihre Resultate werden deshalb vorausgesetzt werden.

[1]) Vgl. S. 48 des genannten früheren Aufsatzes.

toren; der Luftwiderstand wird z. B. von Einfluß sein; wollte man ihn konstant halten, so müßten Druck, Temperatur und Feuchtigkeit konstant gehalten werden. Und gelänge selbst dies noch, gäbe es weitere Faktoren von noch kleinerem Einfluß, die Erschütterungen der Apparatur, die Anziehung benachbarter Massen — kurz, es ist ganz unmöglich, *sämtliche* Bedingungen quantitativ gleich zu reproduzieren. Wir wollen die Summe dieser unendlich vielen Faktoren den *irrationalen Rest der Bestimmungsstücke* nennen, ihre einzelnen Komponenten mögen als *Restfaktoren* bezeichnet werden. Danach wird es unmöglich sein, Ω jedesmal denselben Wert zu geben. Wenn es deshalb einen Sinn haben soll, von „demselben" Winkel Ω zu reden, so darf diese Identität nicht durch quantitative *Gleichheit* bestimmt sein. Wir werden vielmehr angeben, daß, solange die Schwankungen der Apparatur innerhalb gewisser kleiner Grenzen liegen, der entstehende Drehungswinkel „derselbe" sein soll, und in diesem Sinne können wir auch von Variationen „derselben" Größe reden. Es ist dabei nicht gesagt, daß diese Schwankungen stets unter der Messungsgrenze liegen müssen; z. B. sind die Änderungen des Drehungswinkels Ω durchaus meßbar. Diese Definition hat allerdings nur vorläufigen Charakter und wird später durch eine genauere ersetzt werden.

Wir werden gleichzeitig dazu geführt, *was wir unter der Variation der Anfangsbedingungen zu verstehen haben,* die in obiger Definition erwähnt wurde. Es sind Schwankungen, die aus der Gesamtheit gemessener und ungemessener Bestimmungsstücke hervorgehen, die also stets deren irrationalen Rest enthalten. Wenn wir nach der Hypothese fordern, daß Ω durch eine stetige Funktion bestimmte Werte annimmt, so bedeutet dies, da Ω ein Produkt aller gemessenen und ungemessenen Faktoren darstellt, eine entsprechende Annahme über das *Zusammenwirken* sämtlicher unendlich vielen Bestimmungsstücke, daß nämlich dieses Zusammenwirken in eigentümlicher Weise eine *stetige* Verteilung der Größenwerte Ω erzeugt. Wir finden daher, daß die Hypothese der Wahrscheinlichkeitsfunktion eine Annahme darstellt über den irrationalen Rest der bestimmenden Faktoren einer Größe.

Diese Auffassung zeigt deutlich, daß ein Widerspruch zum Kausalprinzip nicht besteht. Dies bezieht sich ja gerade auf die *gemessenen* einzelnen Bestimmungsstücke, deren eindeutige Abhängigkeit es fordert; es kann über den *irrationalen* Rest nur die Aussage machen, daß er sich bei fortschreitender Analyse mehr und mehr in einzelne kausalabhängige Bestimmungsstücke auflösen muß, ohne doch je erschöpft zu sein. Die Wahrscheinlichkeitshypothese ist aber eine Aussage über die *Summe* sämtlicher Restfaktoren — und dies ist eine Frage, für die das Kausalprinzip nicht mehr zuständig ist. Es sind tatsächlich Aussagen über ganz verschiedene Dinge, die diese beiden Prinzipien enthalten; beide können gleichzeitig Gesetze der Natur darstellen, ohne einander zu widersprechen.

Auch in der Unabhängigkeit der Einzelvorgänge, die von der Wahrscheinlichkeitsrechnung gefordert wird, liegt ein Widerspruch zum Kausalprinzip nicht enthalten. Wir sahen bereits in der genannten früheren Untersuchung, daß man richtiger nicht von Unabhängigkeit, sondern von verschwindendem Abhängigkeitsgrad zu reden hat, und dieser Begriff ist mit kausaler Abhängigkeit durchaus vereinbar. Unabhängigkeit zweier Vorgänge in diesem Sinne liegt vor, wenn die einen Vorgang bestimmenden Größen (Parameter) sich *nicht wesentlich* ändern, falls die den *andern* Vorgang bestimmenden Größen andere Werte annehmen. So nennt man die Lage des Brennpunkts einer Linse unabhängig von der Lichtstärke, obgleich hier noch eine gewisse Abhängigkeit besteht, das von der Linse absorbierte Licht wird je nach seiner Stärke das Glas erwärmen, seine geometrischen Dimensionen verändern und dadurch den Brennpunkt verschieben; aber großen Änderungen der Lichtstärke entsprechen so geringe Änderungen der Brennpunktslage, daß man *praktisch* von Unabhängigkeit spricht. Auch für die Wahrscheinlichkeitsrechnung genügen derartig geringe Abhängigkeitsgrade. So sind z. B. zwei nebeneinander niederfallende Würfel als praktisch unabhängig zu betrachten, obgleich der von einem Würfel hervorgerufene Luftzug den anderen in seiner Bahn beeinflußt.

In diesem Zusammenhang sei noch über den Begriff des *Zufalls* eine Bemerkung gemacht. Man nennt eine Wahrscheinlichkeitsverteilung, wie sie z. B. das Würfeln ergibt, auch ein Werk des Zufalls, weil sie mit der kausalen Bestimmtheit der einzelnen Würfe nichts zu tun hat. Nach unserer Erklärung würde die Natur des Zufalls wesentlich in der Eigentümlichkeit der physikalischen Restfaktoren zu suchen sein, eine stetige Verteilung zu erzeugen. Damit diese Stetigkeit jene besondere Regelmäßigkeit der Verteilung einzelner Fälle erzeugt, muß, wie wir gesehen haben, noch eine Teilung in kleine Intervalle und die Klassifikation in einige Scharen hinzukommen[1]); wir erinnern daran, daß einem kleinen Zuwachs $\Delta\Omega$ des Drehungswinkels im Roulettespiel bereits ein neuer farbiger Sektor entspricht. Danach sind die Bedingungen des Zufalls gegeben, wenn *kleine* Änderungen der einen Größe *große* Änderungen anderer Größen zur Folge haben. (Kleine Änderungen von Ω haben sprunghafte Änderungen der getroffenen Farbe zur Folge, oder ein fallender Würfel macht eine große Zahl Umdrehungen mehr, wenn sich die Zeit des Niederfallens nur wenig vergrößert.) Man bemerkt den Gegensatz dieser Formulierung zur Definition der Unabhängigkeit; dort hatten umgekehrt große Änderungen einer Größe nur kleine

[1]) Vgl. die Figur 1 in der genannten vorausgeschickten Untersuchung.

Änderungen einer anderen zur Folge (z. B. große Änderungen der Lichtintensität erzeugen nur verschwindende Änderungen der Brennpunktslage). Dies ist auffällig, weil Zufall als Gegensatz zu kausaler Bestimmtheit auch häufig als Unabhängigkeit definiert wird. Es gibt hier offenbar 2 Möglichkeiten des Grenzübergangs; der durch die geringsten Abhängigkeitsgrade führt zum Begriff der Unabhängigkeit, der durch die höchsten Abhängigkeitsgrade zum Begriff des Zufalls. Beide, Zufall wie Unabhängigkeit, stellen Idealisierungen vor, die von der Wirklichkeit nicht erfüllt werden können, weil sie in ihrer Idee dem Kausalprinzip widersprechen. Als Grenzbegriffe haben sie einen Sinn, weil alle beliebigen Annäherungen an sie möglich sind; aber solange man nicht den Weg aufzeigt, der zu ihrer Grenze führt, bleibt die große Verschiedenheit dieser Begriffe unentdeckt.

III.

Das Prinzip der gesetzmäßigen Verteilung als notwendige Voraussetzung physikalischer Erkenntnis.

Nachdem wir gezeigt haben, daß das Gesetz der Wahrscheinlichkeit, in der Form der Hypothese der Wahrscheinlichkeitsfunktion, keinen Widerspruch zum Kausalgesetz enthält, neben diesem also *möglich* ist, soll jetzt seine *Notwendigkeit* für den physikalischen Erkenntnisbegriff in einem ganz anderen Zusammenhange dargetan werden. Wir müssen dazu auf den *Sinn des physikalischen Urteils* zurückgehen.

Es gibt zwei grundsätzlich verschiedene Arten von Erkenntnisurteilen. In der ersten Art wird der Gegenstand als gedankliche Fiktion gesetzt, und Fiktionen werden miteinander durch das Urteil verbunden. Hierhin gehören die mathematischen Urteile. Ihre Gegenstände sind Fiktionen, künstliche Gebilde des Denkens; sie sind nicht wirkliche Gegenstände wie die erfahrbaren Dinge, die außerhalb des Denkens existieren, sondern gebildet erst durch gedankliche Konstruktionen, und alle Aussagen über sie bilden Relationen, die nur innerhalb des Denkens ihren Sinn haben. Wesentlich für diese Urteile ist daher, daß ihr Gegenstand genau bestimmt ist, durch die gedankliche Konstruktion erschöpfend definiert ist; die Relation, die in dem Urteil ausgesagt ist, kann daher alle Eigenschaften des Gegenstandes berücksichtigen und den Charakter unumstößlicher Gültigkeit erlangen. Der zwingende Charakter des mathematischen Urteils ist allgemein anerkannt; er liegt darin begründet, daß der Urteilsgegenstand gesetzt ist, und daß die Setzung durch das Denken eine erschöpfende Definition gestattet. Wir werden diese Klasse von Urteilen als *Setzungsurteile* bezeichnen.

Ihnen gegenüber stehen alle Urteile, deren Gegenstand in der natürlichen Wirklichkeit vorhanden ist. Zu ihnen gehören die physikalischen Urteile. Das Wirkliche ist etwas grundsätzlich anderes als das Gedachte, etwas, das nicht weiter definiert werden kann — denn das hieße wieder: gedacht —, das in seiner eigentümlichen Art nur erlebt werden kann. Wir erhalten von der Wirklichkeit außerhalb unseres Ich Kunde durch die Wahrnehmung der Sinne, und es ist daher charakteristisch für die natürlichen Gegenstände, daß sie auf Grund irgendeiner Wahrnehmung in unsern Begriffskreis gelangen. Dieser Zusammenhang kann auch indirekt sein; so hat noch niemand die uns abgewandte Seite des Mondes gesehen, aber ihre Existenz gilt als gesichert, weil sie mit anderen Wahrnehmungen — nämlich der der sichtbaren Seite — in einen gedanklichen Zusammenhang gebracht wird. Wir bemerken daran allerdings, daß in Aussagen über die Wirklichkeit gedankliche Relationen eingehen, und es muß näher untersucht werden, welcher Art dieser Zusammenhang ist; aber es bleibt bestehen, daß der Gegenstand selbst nicht eine Fiktion des Denkens, sondern etwas Denkfremdes, eine Gegebenheit darstellt. Wir werden diese zweite Klasse von Urteilen als *Wirklichkeitsurteile* bezeichnen.

Dem scheint zu widersprechen, daß man auch physikalische Urteile in die Form eines Bedingungssatzes kleiden kann: wenn die Sonne am Himmel steht, ist es warm. Aber es wäre ein Irrtum, zu glauben, daß mit der Aufstellung der Voraussetzung auch der Gegenstand gesetzt sei. Gesetzt ist nur die Annahme seiner Existenz; der Gegenstand Sonne bleibt dabei jener anschaulich aufzeigbare leuchtende Körper, den wir wahrnehmen können; er ist nicht durch die Setzung definiert, wie der mathematische Gegenstand. Sagen wir: „Wenn ein Peripheriewinkel auf dem Durchmesser steht, ist er ein rechter Winkel," so ist durch den Vordersatz der Winkel definiert; in ihm ist zu dem Begriff Peripheriewinkel, der selbst wieder durch eine Reihe solcher Sätze definiert ist[1]), noch ein Merkmal hinzugefügt, das mit den anderen zusammen den Gegenstand erschöpfend definiert. In dem genannten Urteil über die Sonne dagegen liegt in dem Vordersatz keine Bestimmung des Gegenstandes ausgesprochen, sondern die hypothetische Formulierung drückt lediglich den Gedanken aus, daß das Wirklichwerden des Nachsatzes an das Wirklichwerden des Vordersatzes gebunden ist. In beiden Urteilen bedeutet also die hypothetische Form etwas ganz anderes, und man darf sich nicht durch die *grammatische* Gleichheit irreführen lassen.

Man könnte versuchen, den physikalischen Gegenstand ebenfalls zu definieren, wie den mathematischen, indem man seine Bestimmungsstücke aufführt. Den Erdball etwa könnte man definieren als eine Kugel von bestimmter Abplattung; aber man kann den wirklichen Erdball

[1]) Vgl. hierzu die sehr klaren Ausführungen über implizite Definitionen in *Schlick*, Allgemeine Erkenntnislehre, S. 30. (Verlag Springer.)

damit nicht erschöpfen, denn dessen Form ist viel komplizierter, auch einer zeitlichen Änderung unterworfen, und man müßte sämtliche unendlich vielen Naturgesetze dazu aufführen, die dabei eine Rolle spielen. Das ist aber unmöglich. Würde man sich für die Definition auf die wesentlichen Merkmale beschränken und diese Definition in das Urteil einsetzen, würde man etwa das Urteil „die Erde erteilt den Körpern an ihrer Oberfläche die Beschleunigung 981" umformen in das Urteil „eine Kugel von der bestimmten Masse m und dem bestimmten Radius r erteilt den Körpern an ihrer Oberfläche die Beschleunigung 981", so ginge das Eigentümliche des physikalischen Urteils verloren, und der Satz wäre auf ein mathematisches Urteil reduziert. Wir haben immer nur die Wahl: entweder wir definieren die Gegenstände erschöpfend durch Bestimmungsstücke — dann wissen wir nichts über ihr Vorkommen in der Wirklichkeit —, oder wir verstehen darunter jene nur anschaulich aufzeigbaren physikalischen Dinge — dann verliert das Urteil den zwingenden Charakter des Mathematischen.

Dennoch benutzt die Physik ein ähnliches Verfahren. Wir wissen ja, daß sie zur Erklärung der Anziehungskraft der Erde den Satz über das Potential einer Kugel benutzt. Aber das Neue an ihrer Darstellung besteht nicht in der mathematischen Relation über das Kugelpotential, sondern darin, daß sie diese bestimmte mathematische Relation auf die *wirkliche*, natürliche Erde *anwendet*; dies ist das eigentlich Physikalische in ihren Sätzen. Sie vollzieht eine Zuordnung von mathematischen Relationen zu sinnlich gegebenen Gegenständen; darin besteht ihr Erkenntnisverfahren. Allerdings darf man sich diese Zuordnung nicht zu einfach vorstellen, als ob etwa die mathematische Kugel der Erdkugel zugeordnet würde. In dem Ausdruck Erdkugel ist die Zuordnung bereits vollzogen; die Erde ist letzten Endes auch nur eine Summe von sinnlichen Eindrücken, ein anschauliches Etwas, und diesem nur aufzeigbaren „dies da" wird die mathematische Kugel zugeordnet. Darin besteht die physikalische Erkenntnis, daß in das Durcheinander der Wahrnehmungen eine bestimmte mathematische Struktur hineingedacht wird. Das, was man gewöhnlich physikalischen Gegenstand nennt, ist bereits eine solche zugeordnete mathematische Struktur; man muß sich klar sein, daß, wenn auch alle Sätze über physikalische Vorgänge mathematische Relationen zwischen verschiedenen mathematischen Strukturen sind, das eigentlich Physikalische daran immer nur bleibt, daß der dadurch gebildete mathematische Komplex bestimmten Wahrnehmungen zugeordnet ist. Die Gleichungssysteme der Physik stellen derartige Zuordnungen vor. So ist das System der Maxwellschen Gleichungen den wirklichen Vorgängen zugeordnet, die wir mit dem Namen „elektrisch" belegen, oder das System der Einsteinschen Gravitationsgleichungen den wirklichen Vorgängen, die wir „mechanisch" nennen.

Warum müssen wir nun gerade diese bestimmten Gleichungen diesen bestimmten anschaulichen Vorgängen zuordnen? Wir wissen, daß wir den Vorgang doch nicht durch die Gleichungen erschöpfen können. Warum wählen wir also nicht beliebige andere Gleichungen? Die Antwort lautet, daß es noch eine eigentümliche Tatsache gibt: daß sich nämlich die wirklichen Dinge *näherungsweise* verhalten wie die zugeordneten mathematischen Fiktionen. Obgleich die Erde keine Kugel ist, ist doch die für die Kugel berechnete Beschleunigung nahezu gleich der auf der Erde gemessenen. Dieses eigentümliche Faktum bildet die Basis aller physikalischen Urteile.

Näherung beruht auf einem Vergleich von Zahlen. Wesentlich für das physikalische Urteil ist darum, daß es Zahlen definiert, deren näherungsweise Geltung gemessen werden kann. Das scheint der gewöhnlichen Darstellung zu widersprechen, nach der die Physik Funktionalzusammenhänge aufsucht, nach der also nicht der Wert einer Größe, sondern das Gesetz ihrer Veränderung mit einer anderen Größe die physikalische Erkenntnis darstellt. So könnte man argumentieren, daß z. B. der Wert der Erdbeschleunigung $g = 981$ keine physikalische Erkenntnis bedeutet, sondern erst das Gesetz, das g als Funktion des Radius darstellt, in dem 981 nur ein Spezialwert ist. Es ist richtig, daß dieses Gesetz eine *kausale* Erkenntnis darstellt, denn wir haben schon früher konstatiert, daß der Sinn der *kausalen* Gesetzmäßigkeit in der quantitativen Abhängigkeit von Größen besteht. In jeder Funktion aber kommen gewisse *Konstanten* vor, und diese müssen zahlenmäßig bestimmt sein, wenn die Funktion definiert, wenn das Gesetz einen bestimmten Sinn haben soll. In der Funktion, die g in Abhängigkeit vom Erdradius darstellt, tritt die Gravitationskonstante k auf; diese muß zahlenmäßig genannt werden können, wenn das Kausalgesetz über g einen bestimmten definierten Sinn haben soll. Darum kann man die Bestimmung zahlenmäßiger Konstanten nicht außerhalb der eigentlichen Physik setzen; sie gehört ebenso zur Darstellung der Kausalgesetze, wie die Ermittelung der funktionellen Form. Auch die Größe g selbst spielt die Rolle solch einer Gesetzeskonstanten: in dem Fallgesetz $s = \frac{g}{2} t^2$ hat sie genau dieselbe Stellung, wie k in der Newtonschen Gravitationsformel. Ihr Zahlenwert muß bestimmt sein, wenn das Fallgesetz das wirkliche Verhalten der fallenden Körper darstellen soll.

Man kann diesen Gedanken so ausdrücken, daß das physikalische Urteil den Gegenständen der Wirklichkeit zweierlei zuordnet: erstens eine funktionelle Form, z. B. den fallenden Körpern die Form $s = \frac{g}{2} t^2$, und zweitens bestimmte Zahlen-

werte, z. B. $g = 981$. Daß eine funktionelle Form existiert, garantiert die Kausalität; kann sie aber auch garantieren, daß bestimmte Zahlenwerte für die Gruppe von Gegenständen existieren?

Es scheint, als ob sie auch dies vermag. Denn sie versucht, den bestimmten Zahlwert zu rechtfertigen, indem sie ihn wieder als kausal bestimmt darstellt, indem sie ihn selbst wieder zur Funktion anderer Größen macht. So stellt sie g als bestimmt durch den Wert des Erdradius dar; so löst sie auch die Gravitationskonstante k wieder in eine Funktion auf, indem sie in den allgemeineren Einsteinschen Gravitationsgleichungen diejenigen speziellen Umstände aufzeigt, die k gerade den Newtonschen Wert verleihen. In der Tat besteht darin das Erweiterungsverfahren der Erkenntnis, das die Kausalität benutzt. Aber wir müssen auf Grund der Überlegungen des vorigen Abschnittes erklären, daß das Kausalprinzip nicht hinreichend ist, um die bestimmte Größe spezieller Zahlwerte zu begründen. Wir zeigten dort, daß die Kausalität immer nur *einzelne* Bestimmungsfaktoren aufzeigen kann, daß aber in dem bestimmten Größenwert stets die Summe *unendlich vieler* Einflüsse enthalten ist, und gerade über diese Summe macht die Kausalität keine Angabe. Es wäre mit dem Kausalgesetz durchaus vereinbar, daß diese Summe beliebig große Werte annimmt, und daß bei jeder Messung für die Konstanten ganz verschiedene Werte entstehen, denn die vernachlässigten Restfaktoren könnten jederzeit von Einfluß werden und, selbst wieder nach streng kausalen Gesetzen, die Größe verändern. Wenn z. B. die Sonne plötzlich große Massen in Richtung auf die Erde ausschleuderte, würde der Wert von g geändert; auch vorher ist in $g = 981$ der Wert der Sonnenmasse enthalten, aber dort erscheint diese Masse unter der Summe der sehr kleinen „störenden" Einflüsse, die einen wesentlichen Einfluß auf g nicht haben. Wir könnten dann allerdings für die Änderung von g wieder eine kausale Erklärung anführen. Aber dies erklärt nicht, warum die plötzliche Vergrößerung der störenden Einflüsse im allgemeinen unterbleibt, warum wir also von diesen absehen können und den wirklichen Körpern an der Erdoberfläche die Zahl 981 zuordnen dürfen. Es hat aber, um dies noch einmal zu wiederholen, auch keinen Sinn, das Gesetz hypothetisch zu formulieren, indem man sagt: Wenn der Einfluß der störenden Faktoren klein bleibt, gilt das Fallgesetz und die Zahl $g = 981$. Denn damit reduziert man das physikalische Urteil auf ein mathematisches; die wirkliche Erde ist nicht eine Kugel vom Radius r und der Masse m, sondern das nur aufzeigbare „dies da", das wir mit unseren Sinnen wahrnehmen, und das in die Gesamtheit der Naturvorgänge eingeordnet ist.

Woher stammt also das Recht, mit dem wir bestimmten wirklichen Dingen bestimmte Zahlwerte zuordnen? Aus dem Kausalprinzip stammt es nicht. Es muß noch ein zweites Prinzip hinzukommen, das eine Hypothese über das Auftreten bestimmter Zahlwerte und damit über die Einwirkung der Restfaktoren enthält. Dieses Prinzip ist die Hypothese der Wahrscheinlichkeitsfunktion.

Wir haben im vorigen Abschnitt gesehen, daß diese Hypothese in der Tat eine Annahme über die Summe der Restfaktoren darstellt. Sie besagt nämlich, daß allerdings jeder Wert für diese Summe möglich ist — darin liegt die Widerspruchslosigkeit zum Kausalprinzip —, daß aber ein Gesetz für die Häufigkeit der Größenwerte existiert, daß einzelne Werte, die normalen Werte, sehr häufig vorkommen, und andere, die Extremwerte, verschwindend selten. In dem asymptotischen Verlauf der Kurve an ihren beiden Enden ist diese Aussage enthalten. Und die Hypothese besagt ferner, daß unendlich benachbarte Werte gleich häufig sind, daß man also jedem unendlich kleinen Intervall eine bestimmte relative Häufigkeit zuordnen kann; das war die Stetigkeitsforderung. Diese muß notwendig dazukommen, denn sonst wäre das Gesetz nicht konstatierbar; wir können die Häufigkeit einzelner Zahlenpunkte nicht zählen, weil wir Größen als Zahlenpunkte nicht aufweisen, sondern nur in Grenzen einschließen können. Diese Hypothese ergibt eine geeignete Annahme über die Zahlenwerte der physikalischen Konstanten. Gäbe es eine restlos genaue Analyse der wirklichen Dinge, so müßte sich behaupten lassen (nach dem Kausalprinzip), daß der einmal bestimmte Größenwert sich zu jeder Zeit und an jedem Ort wiederfinden lassen müßte. Da die stetige Gleichheit des Größenwertes nicht behauptet werden kann, so ist die natürliche Verallgemeinerung, daß, wenn auch nicht *dieses*, so doch überhaupt ein *Gesetz* für seine Verteilung in Raum und Zeit existiert. Diese Annahme bedeutet das Prinzip der Wahrscheinlichkeitsfunktion; wir beachten dabei, daß es keine bestimmte Form für das Verteilungsgesetz vorschreibt, daß vielmehr Spezialformen, z. B. $f(x) = \text{konst.}$, aus der allgemeinen Voraussetzung und speziellen hinzukommenden Umständen erschlossen werden können. Das Prinzip folgt nicht aus dem Kausalprinzip, aber es widerspricht ihm auch nicht; es muß vielmehr zu dem Kausalprinzip hinzukommen, damit physikalische Erkenntnis als Zuordnung bestimmter Funktionalgesetze und Konstanten zu wirklichen Dingen *überhaupt möglich ist.*

Ein entsprechendes Gesetz gilt für die Häufigkeit von *Kombinationen* zweier Größenwerte; denn sind in einem Naturgesetz zwei oder mehr Konstanten enthalten, so muß, damit diese der betreffenden Gruppe wirklicher Dinge zugeordnet werden können, eine entsprechende Annahme über die Häufigkeit des Vorkommens dieser Kombination gemacht werden. So entsteht die Wahrscheinlichkeitsfunktion von mehreren Veränderlichen.

IV.

Die Parallelität von Kausalgesetzen und Wahrscheinlichkeitsgesetzen und die Unmöglichkeit ihrer empirischen Nachprüfung.

Wir haben damit die philosophische Stellung der Wahrscheinlichkeitsgesetze aufgezeigt; sie beruhen auf einem Erkenntnisprinzip, das dem der Kausalität durchaus parallel ist. Das *Prinzip der gesetzmäßigen Verknüpfung* alles Geschehens, welches die Kausalität darstellt, reicht zur Begründung der physikalischen Erkenntnis nicht aus. Es muß noch ein Prinzip hinzukommen, welches die Ereignisse gleichsam in der Querrichtung miteinander verbindet; dies ist das *Prinzip der gesetzmäßigen Verteilung.* Es läßt sich auch als Prinzip der Wahrscheinlichkeitsfunktion formulieren und ist identisch mit der Hypothese, die für die bekannten Wahrscheinlichkeitsmechanismen gemacht werden muß.

Von diesem Standpunkt aus löst sich auch eine Schwierigkeit, die uns zu Beginn unserer Untersuchungen unterlief. Wir warfen zu Anfang des Abschnitts II die Frage auf, mit welchem Recht wir eine physikalische Größe als *dieselbe* Größe in verschiedentlich wiederholten Vorgängen bezeichnen dürfen, wenn ihr Zahlwert doch jedesmal ein anderer ist. Wir begnügten uns dort mit der vorläufigen Antwort, daß die Abweichungen im Zahlwert innerhalb gewisser Grenzen liegen müssen; aber wir mußten weiterhin zugeben, daß auch sehr große Abweichungen gelegentlich möglich sind. Erst jetzt, nachdem wir die Stellung des Verteilungsprinzips zum physikalischen Erkenntnisbegriff dargestellt haben, sind wir in der Lage, eine genaue Antwort auf die Frage zu geben. Indem wir jetzt den geschilderten Zusammenhang umkehren, dürfen wir sagen, *daß ein mathematischer Parameter dann ein und dieselbe physikalische Größe darstellt, wenn sich seine beobachteten Zahlwerte einer stetigen Verteilungsfunktion einfügen.* Dies besagt, daß im allgemeinen die Abweichungen allerdings klein sind; es läßt aber auch gelegentliche große Abweichungen zu, wenn sie nur das Verteilungsschema nicht grundsätzlich stören. So löst sich das Identitätsproblem physikalischer Größen erst durch Einführung des Verteilungsgesetzes als Grundlage der wissenschaftlichen Einordnung.

Man kann die Frage aufwerfen, ob dieses Prinzip ein *Erfahrungsresultat* zu nennen ist, in dem Sinne, in welchem wir die gewöhnlichen physikalischen Sätze als Produkte der Erfahrung betrachten. So ist z. B. das Energieprinzip ein Erfahrungsresultat; Beobachtungen haben gelehrt, daß die physikalische Größe, die man Energie nennt, bei allen Vorgängen ihre Größe bewahrt. Das Gegenteil wäre auch denkbar: die Energie könnte z. B. auch dauernd wachsen; für eine andere physikalische Größe, die Entropie, gilt bekanntlich ein derartiges Gesetz. Ähnlich hat man auch das Kausalprinzip als Resultat der Erfahrung hinzustellen versucht. Man hat gesagt, alle unsere Beobachtungen lehren, daß jedes Geschehen seine Ursache und seine Wirkung hat, und weil dies in so vielen Fällen festgestellt ist, sei das allgemeine Gesetz der Kausalität aufgestellt worden. Jedenfalls sei Kausalität nicht *logisch notwendig,* es sei ebenso gut *denkbar,* daß dasselbe Geschehen verschiedene Wirkungen habe. Dies muß zweifellos zugegeben werden: *logisch notwendig* ist das Kausalprinzip nicht, und ebenso wenig ist das Verteilungsprinzip logisch notwendig, denn denkbar wäre es allerdings, daß das Naturgeschehen ganz regellos verliefe. Aber es ist ein Irrtum, zu glauben, daß mit den beiden Kategorien „logisch notwendig" und „empirisch" die philosophischen Möglichkeiten erschöpft wären. Es ist das große Verdienst der *Kantschen Philosophie,* eine andere *Fragestellung* in das Erkenntnisproblem hineingetragen zu haben. *Kant* fragt: Welche Prinzipien sind dadurch ausgezeichnet, daß sie einen notwendigen Bestandteil der Naturerkenntnis ausmachen? Er nennt sie Bedingungen der Erkenntnis, weil sie Naturerkenntnis erst möglich machen, und die Frage nach der Stellung des Kausalgesetzes beantwortet er so: Allerdings ist es *denkbar,* daß das Naturgeschehen ohne funktionelle Abhängigkeiten verliefe; aber wenn es eine *Erkenntnis der Natur* gibt, dann gilt das Kausalprinzip, denn ohne dieses ist Erkenntnis ihrem Sinne nach nicht möglich. Solche Prinzipien, die nicht logisch notwendig (analytisch) sind und dennoch für die Erfahrungserkenntnis notwendig gelten, nennt er synthetische Urteile apriori. Ihre Gültigkeit läßt sich nicht durch einzelne Beobachtungen, durch Empirie, bestätigen, sondern steht und fällt mit der Möglichkeit einer Erkenntnis überhaupt und muß wie diese ein transzendentales Faktum genannt werden. Wir könnten durchaus zu einer physikalischen Erkenntnis kommen, wenn das Energiegesetz nicht gilt; die Gleichungen würden dann eben anders lauten; aber ohne Geltung des Kausalgesetzes wäre Erkenntnis unmöglich, weil wir überhaupt keine quantitativen Funktionalbeziehungen aufstellen könnten. Dieser Unterschied ergibt eine neue Klassifikation der Naturgesetze; er zeichnet unter ihnen einige als apriori gültig aus. In gleichem Sinne müssen wir jetzt, die Kantschen Gedanken fortführend, *das Verteilungsgesetz ein apriorisches Prinzip der Erkenntnis* nennen. Denn es ist ebenfalls eine notwendige Voraussetzung der Erkenntnis, und wir dürfen sagen: Wenn es eine physikalische Erkenntnis gibt, dann gilt das Prinzip der Verteilung.

Die Auflösung, welche der Wahrscheinlichkeitsbegriff durch die Formulierung als Prinzip der Verteilung oder Prinzip der Wahrscheinlichkeitsfunktion erfährt, stellt die beobachteten Regelmäßigkeiten in neuem Lichte dar. Wir verstehen jetzt, warum man physikalische Gesetze als nur *wahrscheinlich* gültig bezeichnet: weil man eine

Aussage über ihre spezielle Form im Einzelfall nicht machen kann, weil nur für ihre wiederholte Realisierung sich eine Häufigkeitsaussage machen läßt, die aber den Zahlwert des Einzelfalls unbestimmt läßt. Die sogenannte philosophische Wahrscheinlichkeit der Geltung von Naturgesetzen wird durch das Prinzip der Wahrscheinlichkeitsfunktion mit der physikalischen Wahrscheinlichkeit zusammengeführt. Wir verstehen andererseits, warum die Regelmäßigkeiten der Verteilung, die man als Gesetze der physikalischen Wahrscheinlichkeit in den Zufallsspielen, in der Fehlertheorie usw. beobachtet hat, immer wieder auftreten müssen, und warum sie sich von den gewöhnlichen physikalischen Gesetzen bei allen Untersuchungen immer wieder unterscheiden mußten. Zwar hat man mancherlei Theorien über diese Regelmäßigkeiten aufgestellt, aber ohne sie recht begründen zu können; man merkte nicht, daß man auf ein Erkenntnisprinzip gestoßen war, das nur erkenntniskritisch beurteilt werden kann, das einzelne Erfahrungen nicht bestätigen oder widerlegen können, weil es viel tiefer, im Wesen der Erkenntnis, seinen Sinn hat. Von hier aus müssen alle Versuche, die Gesetze der Wahrscheinlichkeitsrechnung experimentell zu untersuchen, lächerlich erscheinen. Derartige Versuche sind allerdings gemacht worden; so hat ein Forscher einmal mit Würfeln 120 000 Würfe ausgeführt, um zu erfahren, ob wirklich Gleichverteilung entstünde. Das überraschende Resultat war, daß eine Würfelseite häufiger vorgekommen war als die anderen — der experimentelle Kritiker aber hat daraus geschlossen, daß der Würfel einen exzentrischen Schwerpunkt hatte, und nicht, daß die Wahrscheinlichkeitsgesetze falsch wären. Es ist bezeichnend, daß dieser Forscher gar nicht fähig war, sich dem aprioren Zwange des Prinzips zu widersetzen. Es geht hier wie mit dem Kausalprinzip: stoßen wir auf einen widersprechenden Tatbestand, so ändern wir nicht das Prinzip, sondern die spezielle Form, die wir ihm zur Erklärung des Tatbestandes gegeben hatten. Für beide, Kausalprinzip und Verteilungsprinzip, ist dies immer möglich. In diesem Zusammenhange müssen auch die Versuche *Marbes*[1]), die statistischen Regelmäßigkeiten durch Beobachtungen zu widerlegen und durch rhythmische Gesetze zu ersetzen, aussichtslos erscheinen. *Marbe* könnte, falls er solche Rhythmen nachweist, immer nur schließen, daß in den speziellen Verhältnissen des betrachteten Gegenstandes besondere Bedingungen für das Auftreten der Rhythmen vorhanden sind. Es gibt derartige Gegenstände, z. B. in der Psychologie, wo die Aufmerksamkeit eine Funktion des Erfolges ist[2]); hier ist die Bedingung der Unabhängigkeit der Einzelvorgänge, die wir als spezielle Bedingung der *Gleich*wahrscheinlichkeit aufstellten, nicht erfüllt, und daher ändert sich die spezielle Art der Gesetzmäßigkeit. Aber die Marbeschen Untersuchungen sind nicht einmal wahrscheinlichkeitsmathematisch zulänglich; das hat *R. v. Mises*[1]) in äußerst gründlicher Weise nachgewiesen, so daß die philosophische Kritik diese Untersuchungen übergehen darf, weil sie nicht einmal methodisch hinreichend ausgeführt sind.

Die philosophische Betrachtung hat uns dazu geführt, die Wahrscheinlichkeitsgesetze als objektive Gesetze des Naturgeschehens anzusehen, die der Stellung von Kausalgesetzen durchaus analog ist. Wir dürfen deshalb in ihnen nicht mehr Verlegenheitsgesetze sehen, Auswege, die sich der Physiker sucht, wenn ihm eine genauere Kenntnis der Zusammenhänge fehlt. *Laplace* hat den Gedanken geäußert, daß ein Menschenwesen von vollkommener Intelligenz keine Wahrscheinlichkeitsgesetze mehr benutzen würde, sondern das gesamte Geschehen durch Kausalgesetze beherrschte. Wir müssen bemerken, daß ein solches überintelligentes Wesen sehr unpraktisch vorginge, wenn es jeden einzelnen Wurf eines Würfelspiels genau berechnete und auf die Gesetzmäßigkeit, die in der Gleichverteilung der Seiten liegt, verzichtete. Denn an diesem Tatbestand könnte auch das klügste Verstandeswesen nichts ändern, auch seine genau berechneten Würfe würden sich dem Verteilungsschema einordnen. Es heißt auf einen Teil der Naturbeschreibung verzichten, wenn man sich auf Kausalgesetze beschränkt. *Planck* hat in seinem bekannten Vortrage über dynamische und statistische Gesetzmäßigkeit diese Doppelheit der Methode ausführlich gezeigt; wir können sie jetzt philosophisch verstehen, weil wir die parallele Bedeutung der beiden Prinzipien der Verknüpfung und der Verteilung für den Erkenntnisbegriff nachgewiesen haben. Unsere Kritik ordnet die Wahrscheinlichkeitsgesetze als gleichberechtigten Zweig in die Physik ein.

Wir verdanken dieses Resultat der Verbindung zweier Forschungsmethoden; der axiomatischen Methode, welche uns zur präzisen Formulierung des Axioms der Anwendbarkeit von Wahrscheinlichkeitsgesetzen führte, und der kritischen Methode, welche die Stellung dieses Axioms zum Erkenntnisbegriff untersuchte. Allerdings konnten wir diese Methoden nur für die Physik durchführen, und über die Geltung der Wahrscheinlichkeitsgesetze in anderen Gebieten, z. B. der Psychologie, der Soziologie, lassen sich deshalb definitive Urteile noch nicht fällen. Aber wir dürfen mit aller Voraussicht annehmen, daß für die andern nicht empirisches Gesetz ist, was für die eine sich als philosophisches Prinzip enthüllt; und es scheint, als ob der Vorsprung der Physik hier wie in anderen Problemen allein in der höheren Stufe ihrer mathematischen Form begründet liegt.

[1]) *K. Marbe*, Die Gleichförmigkeit in der Welt, München 1916.

[2]) Vgl. meine Besprechung über *Sterzinger*, Zur Psychologie und Naturphilosophie der Geschicklichkeitsspiele, Die Naturwissenschaften 7, 644, 1919.

[1]) *R. v. Mises*, *Marbes* Gleichförmigkeit in der Welt. Die Naturwissenschaften 7, 168, 1919.

Der Farbstoff der Mitteldarmdrüse des Krebses.

Von L. Lewin, Berlin.

I.

Ein großer Teil des Brustkorbes des Krebses wird durch eine Doppeldrüse: Leber und Pankreas, die man als Mitteldarmdrüse bezeichnet, ausgefüllt. Es ist das ein für die Verhältnisse des Tieres beträchtliches, gelb oder gelbbräunlich gefärbtes, paariges, gelapptes Organ, dessen Ausführungsgänge in den Blinddarm führen.

Mancherlei läßt sich von dem abgesonderten Saft desselben sagen:

1. Er enthält verdauende Fermentkörper, wahrscheinlich einen peptischen und einen tryptischen.
2. Fett wird durch ihn gespalten.
3. Stärke wird verzuckert.
4. Er hemmt die Blutgerinnung.
5. Er wirkt auf Hunde, denen er intravenös beigebracht wird, giftig. Herzarbeit und Atmung sinken. Es tritt ein narkostischer Zustand und in ihm der Tod ein.
6. Er enthält einen Farbstoff.

Dieser Farbstoff bildet den Gegenstand meiner Untersuchungen[1]). Er wurde eine Zeitlang als Gallenfarbstoff angesprochen, aber schließlich erkannte man, daß er kein Gallenpigment enthalte. Andere meinten, daß er aus zwei Farbstoffen bestehe, die ein kontinuierliches Spektrum aufwiesen, oder daß er ein „Chlorophyll" oder Hämatin oder Hämochromogen darstelle.

Ich gewann den Saft leicht, wenn ich nach Eröffnung des Tieres mittelst der durchschnittenen Leibdecke auf die Drüse einen Druck ausübte. Er tröpfelte als gelblichbraune, fast klare Flüssigkeit ab, die ein kontinuierliches Spektrum aufwies. Als das Präparat nach etwa 20 Minuten wieder spektral untersucht wurde, *war ich überrascht, einen gut begrenzten Absorptionsstreifen im Anfangsteil des Grün zu erblicken.* Seine Aufnahme auf Perorthoplatten bei Zirkoniumlicht gelang leicht. Die Ausmessung des Maximums der Absorption ergab im Mittel von 29 Aufnahmen:

$$\lambda = 560\ \mu\mu.$$

Die Einzelmessungen der Photogramme differierten nur um 1 $\mu\mu$, ganz vereinzelt um 2 $\mu\mu$[2]).

Zwei weitere sehr feine Absorptionsstreifen: an der Orangegelbgrenze sowie an der Grünblaugrenze konnten okular erkannt, aber auf der photographischen Platte nicht fixiert werden. Nur den ersteren zu fixieren gelang einmal. Er lag bei

$$\lambda = 569\ \mu\mu.$$

Das geschilderte Verhalten: Übergang des absorptionsfreien frischen Saftes beim Stehen in ein Produkt, das einen Absorptionsstreifen besitzt, gestattete, auf einen Reduktionsprozeß zu schließen. Dies konnte bewiesen werden.

1. Schütteln des Saftes mit Luft oder Einblasen von Sauerstoff läßt den Absorptionsstreifen verschwinden.
2. Hinzufügen eines Reduktionsmittels bringt ihn wieder hervor.
3. Bringt man den Preßsaft so in den Rezipienten einer Luftpumpe, daß die direkte spektroskopische Beobachtung möglich ist, so kann man durch Evakuieren den Absorptionsstreifen erscheinen, durch Luftzutritt ihn verschwinden lassen.

Ich halte diesen Farbstoff nach seinem Verhalten für beziehungslos zum Blutfarbstoff. *Er besteht für sich selbst.*

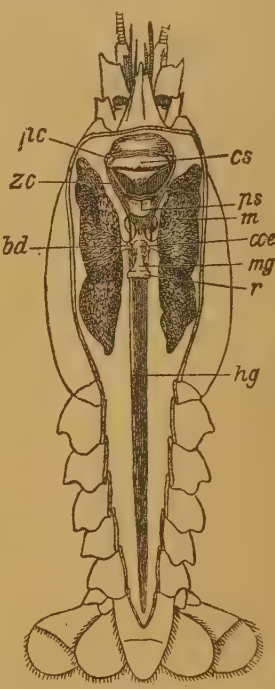


Fig. 1. Astacus fluviatilis. Der Darmkanal und die Mitteldarmdrüse (Leber) von oben gesehen. *bd* Gallengang; *coe* Blindsack; *cs* Cardiacalabschnitt des Magens, die Linie weist auf das Cardiacalstück; *hg* Hinterdarm; *mg* Mitteldarm; *pc* Pterocardiacalstück; *ps* Pyloricalabschnitt des Magens, die Linie weist auf das Pyloricalstück; *r* Wulst, der den Mitteldarm vom Hinterdarm trennt; *zc* Zygocardiacalstück; *m* Mitteldarmdrüse. Aus: *Huxley*, Der Krebs.

Er ist auch, soweit ich bisher erkennen konnte, beziehungslos zu dem rosarötlichen oder rosavioletten oder bläulichen *Krebsblut*, das keinerlei Absorptionsstreifen zu irgendeiner Zeit und bei irgendeiner Art seiner Aufbewahrung aufweist. Diesem Krebsblut schrieb man einen Gehalt von 4—8 mg Kupfer auf 100 ccm Blut zu. Kolorimetrisch der Größenordnung nach mit Ferrocyankupfer geschätzt beträgt nach meinen Versuchen die Menge Kupfer für das Blut eines Krebses etwa $^1/_{100}$ mg.

[1]) Sie sind unter Beihilfe von Dr. *Stenger* ausgeführt worden. Vergl. Arch. f. d. ges. Physiologie *178*, 80—90, 1920.

[2]) Die ganze Methodik von spektro-photographischen Aufnahmen und Ausmessungen der Absorptionsstreifen von Blut und anderen Körpersäften sind von mir, *Miethe* und *Stenger* in vielen Jahren ausgearbeitet worden. Die erste Mitteilung erschien in Compt. rend. de l'Académie des Sciences 1906, 9 juillet, andere im Arch. f. d. ges. Physiologie in den folgenden Jahren.

II.

Als weiteres Untersuchungsobjekt boten sich *die außerhalb des Krebskörpers entstehenden Veränderungen* des Mitteldarmdrüsensekrets, das den allgemeinen Charakter einer Eiweißlösung trägt[1]), dar. Es wird nach einer bis mehreren Stunden dunkelbraun bis schwarz. Absorptionen sind in der dunkelnden, stark alkalisch reagierenden Flüssigkeit nicht mehr erkennbar. Die fast tintenschwarz gewordene Flüssigkeit katalysiert Wasserstoffsuperoxyd weniger stark, als sie es im frischen Zustande tat. Drei Einflüsse, die für das Schwarzwerden des Sekretes herangezogen werden konnten: *Licht, Luft* und *Fäulnis* wurden auf ihre Beeinflussungsfähigkeit geprüft. Absperrung aller Strahlen bis auf die roten oder Ausschaltung allen Lichtes hatten nur einen hemmenden Einfluß auf die Dunkelung des Stoffes. Im Vakuum gehaltene Präparate dunkelten wie andere, mithin ist die Luft an der Farbenveränderung unbeteiligt. Fäulnishemmende Stoffe, wie Chloroform, Alkohol, Karbolsäure, äußerten auf den Vorgang einen nur schwachen oder gar keinen Einfluß. Dies letztere gilt auch für Karbolsäuremengen, die den Saft frei von Fäulnis halten. Schweflige Säure und Formaldehyd im Überschuß, die den Farbstoff chemisch verändern, verhindern sein Dunkelwerden. Hieraus ist ein Einfluß der Fäulnis auf die Farbenveränderung des Saftes erschließbar. Es will mir aber scheinen, als kämen noch andere Bedingungen dafür in Frage.

III.

Biologisch ist, wie ich glaube, das geschilderte Verhalten des Mitteldarmdrüsensaftes nicht ohne Bedeutung. Schon als der Einfluß des Sauerstoffs auf ihn noch unbekannt war, glaubte man annehmen zu dürfen, daß sein Farbstoff an der Darmatmung beteiligt sei. Der spektroskopisch jetzt erkennbare Wechsel in seinem Zustande — je nachdem Sauerstoff in ihm enthalten ist oder nicht — gibt einer solchen Annahme eine festere Grundlage. Sie leuchtet mehr ein als diejenige, die dem *Krebsblut* bzw. seinem Farbstoff Hämocyanin die Aufgabe, den für das Tier erforderlichen Gasaustausch zu ermöglichen, zuerteilt. Denn keine der bisher angewendeten Untersuchungsmethoden hat in dem Zustande dieses Krebsblutes unter wechselnden Bedingungen der Sauerstoff- bzw. Kohlensäurezufuhr eine Veränderung hervorzurufen vermocht.

[1]) Mit dem *Lewinschen Reagens:* Trioximinomethylenschwefelsäure gibt es die Violettfärbung.

Besprechungen.

Hofmann, Karl A., Lehrbuch der anorganischen Experimentalchemie. Zweite Auflage. Braunschweig, Friedr. Vieweg und Sohn, 1919. XX, 744 S., 122 Abbildungen und 7 farbige Spektraltafeln. Preis geh. M. 21,—, geb. M. 25,60.

Mit Freude und Genugtuung soll vor allem hervorgehoben werden, daß die sehr günstige Beurteilung, die der Berichterstatter diesem Werke bei seinem Erscheinen zuteil werden lassen konnte[1]), dadurch die eindrucksvollste und schnellste Rechtfertigung gefunden hat, daß bereits nach Jahresfrist eine neue Auflage notwendig wurde. Es ist dies im Hinblick auf die bereits existierende Fülle von Lehrbüchern der anorganischen Chemie ein ganz außerordentlicher und seltener Erfolg, der den besten Beweis dafür liefert, daß in diesem Falle wirklich von der Ausfüllung einer in Buchbesprechungen so oft erwähnten „fühlbaren Lücke" gesprochen werden kann. Grundsätzlich hat das Buch keine Änderung erfahren, dagegen sind als Neuerungen eine Reihe von Ergänzungen, Ausgestaltungen und auch Fortlassungen zu verzeichnen, die zumeist Verbesserungen bedeuten. Zunächst ist die historische Einleitung unter Mitwirkung von *E. von Lippmann*, dessen Autorität auf historisch-chemischem Gebiete jüngst noch einen erhöhten Glanz durch das Erscheinen seiner „Entstehung und Ausbreitung der Alchemie" erfahren hat, dem neuesten Stande der Forschung entsprechend berichtigt worden. Damit ist der Vergangenheit ihr Recht geworden, während ein neues Kapitel über den Bau der Atome und das Wesen der Materie am Schlusse des Buches in kurzer, aber klarer Darlegung in die Zukunft der Wissenschaft weist. Mit einigen Umstellungen und Erweiterungen ist der Verfasser den Vorschlägen des Unterzeichneten in seiner Besprechung der ersten Auflage gefolgt. So ist das periodische System der Elemente vom Ende des Buches in die zentrale Stelle gerückt, die ihm kraft seiner Bedeutung für das Ganze zukommt, nämlich an die Spitze der Metalle. Allerdings hat der Berichterstatter den Eindruck, daß gerade dieser Abschnitt allzu knapp gefaßt ist, um einen lebendigen Begriff von der Wichtigkeit dieser klassischen Verallgemeinerung für die vergleichende Betrachtung der Elemente und ihrer Verbindungen vermitteln zu können. Die Lehre vom osmotischen Druck, deren Besprechung wir in der ersten Auflage vermißten, ist nunmehr im organischen Zusammenhange mit der Theorie der elektrolytischen Dissoziation an die Besprechung des Wassers angeschlossen worden. Die Kürzung, die die Sonderbehandlung der Schieß- und Sprengstoffe erfahren hat, bedeutet jedenfalls keinen fühlbaren Nachteil. Verfasser hat es hierdurch mit erreicht, daß sein Buch trotz mancherlei Bereicherungen im einzelnen um etwa 3 Druckbogen gegen die erste Auflage an Umfang abgenommen hat, was insofern ein Vorteil ist, als das bedrohliche Anwachsen derartiger Werke von Auflage zu Auflage sie durch Umfang und gesteigerten Preis gerade dem Kreise der *jüngeren* Leser zu entfremden pflegt, für den sie in erster Linie bestimmt sind.

Erwähnt sei noch, daß der Verfasser die Namengebung der chemischen Verbindungen, soweit es praktisch durchführbar erschien, nach einem Vorschlage von *A. Stock*[2]) umgestaltet hat, um bei verschiedenen Wertigkeitsstufen eine größere Einheitlichkeit und Klarheit der Bezeichnung zu erreichen. Er schreibt z. B. Phosphor-(3)-chlorid für PCl_3 (Phosphortrichlorid), Phosphor-(5)-chlorid für PCl_5 (Phosphorpentachlorid), Mangan-(2)-oxyd für MnO (Manganoxydul, Manganooxyd), Mangan-(4)-oxyd für MnO_2 (Mangandioxyd, Mangansuperoxyd), Eisen-(3)-oxyd für Fe_2O_3 (Eisenoxyd, Ferrioxyd), Eisen-(2)(3)-oxyd für Fe_3O_4 (Eisenoxydoxydul, Ferriferrooxyd, Magneteisen) usw. Es wird also die Wertigkeit des positiven Atoms durch die in Klammern gesetzten Zahlen bezeichnet. Es ist hier nicht der Ort, kritisch auf diese Neuerung

[1]) Die Naturwissenschaften, *6*, 658, 1918.

[2]) *A. Stock*, Z. f. angewandte Chem. 1919. 373.

einzugehen, die sicherlich manches für sich hat. Wenn freilich diese Bezeichnungsweise nicht nur für das geschriebene, sondern auch für das gesprochene Wort Geltung haben soll, so entstehen von vornherein schwerwiegende Bedenken dagegen.

Am Schlusse seien noch zwei an sich wenig bedeutende Versehen erwähnt, die dem Unterzeichneten aufgefallen sind: Auf Seite 9 wird die Zahl der noch unentdeckten Elemente zu „etwa 2" angegeben, während auf Seite 703/704 zutreffend von 4 noch unbekannten Elementen die Rede ist.

Schließlich noch eine historische Berichtigung: Auf Seite 572 wird die Erfindung der Elementnamen Tantal und Niob *Rose* (1844) zugeschrieben; tatsächlich hat aber bereits der Entdecker des Tantals, *Ekeberg*, im Jahre 1802 den seltsamen Einfall gehabt, sein Element nach dem Stammvater der Atriden zu benennen. (Kongl. Vetensk. Acad. Nya Handl. *23* (1802) S. 80, und zwar nach seinen eigenen Worten: „teils, um dem Gebrauch zu folgen, der die mythologischen Benennungen billigt, teils um auf die Unfähigkeit desselben (des Elements) mitten in einem Überfluß von Säure etwas davon an sich zu reißen und sich damit zu sättigen, eine Anspielung zu machen!")[1] Man wird zugeben müssen, daß die allerdings irrtümliche Etymologie von *Hofmann*, der die Tantalusqualen dem Chemiker auferlegt, der mit dem widerspenstigen Elemente zu tun hat, immer noch sinnreicher ist als die vom Entdecker gewollte Ableitung. Das Niob, wegen seiner nahen Verwandtschaft mit dem Tantal von *Heinrich Rose* (1844) nach Niobe, der Tochter des Tantalus, benannt, ist wahrscheinlich identisch mit dem von *Hatchett* im Jahre 1801 entdeckten „Columbium" oder doch ein Bestandteil desselben. Dieser Sachverhalt verdient vielleicht als ein Kuriosum in der Geschichte der Namengebung chemischer Elemente ein gewisses Interesse.

Dem ausgezeichneten Werke von *Hofmann* Glück auf den weiteren Weg zu wünschen erscheint nach seinem glänzenden Erfolge kaum mehr erforderlich.

R. J. Meyer, Berlin.

Mecklenburg, Werner, Kurzes Lehrbuch der Chemie. Zugleich 12. Auflage von Roscoe-Schorlemers Kurzem Lehrbuch der Chemie. Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn, 1919. XIX, 756 S., 100 Abbild. und 1 Spektraltafel. Preis geh. M. 21,—, geb. M. 25,—.

In dem Vorworte zu diesem ausgezeichneten Werke schreibt der Verfasser mit Beziehung auf den Untertitel des Buches: „Jedes Lehrbuch ist ein Kind seiner Zeit und stirbt mit ihr, und die Achtung vor einem guten Lehrbuche gibt sich nicht dadurch zu erkennen, daß man es, wenn es sich überlebt hat, durch Einschachtelungen und Ergänzungen „auf neu umarbeitet", sondern dadurch, daß man versucht, ein neues Lehrbuch zu schreiben, das an den Forderungen der Gegenwart gemessen ebenso gut ist, wie das nach den Forderungen der Vergangenheit beurteilte alte Lehrbuch." Dieser Leitsatz ist streng befolgt und vollständig erfüllt worden.

Wir stehen in der Entwicklungsgeschichte der Chemie, soweit der Mitlebende historisch festzustellen vermag, offenbar an der Grenze zweier wichtiger Abschnitte: Die Chemie der Lösungen und des flüssigen Aggregatzustandes ist physikalisch begründet und im wesentlichen aufgeklärt, und die experimentelle Durchforschung des festen Aggregatzustandes hat, gestützt auf die großen Ergebnisse der Strahlenlehre, mit weiten Ausblicken begonnen und hat schon überraschende Erfolge gezeitigt.

Geschaffen ganz aus dem Geiste der allgemeinen und physikalischen Chemie, gibt das vorliegende Buch einen vollständigen Überblick über alles, was dadurch für die „reine Experimentalchemie" an Vertiefung und Vereinheitlichung gewonnen ist. Es gibt eine Bilanz des bisher Erreichten und gewährt auch Ausblicke in das Neuland der kommenden Epoche. Ein Vergleich mit den älteren Lehrbüchern zeigt überwältigend, wie weit die Chemie sich von dem Stande entfernt hat, auf dem sie nach *Kant* eine „auf Empirie sich gründende Experimentallehre" war.

Ausgehend von den allgemeinen Grundgesetzen und Voraussetzungen, der Atomtheorie, den Gasgesetzen, dem Satz des *Avogadro* usw., werden bei der Behandlung der Elemente und ihrer Verbindungen alle mit ihnen verknüpfbaren allgemeinen Gesetzmäßigkeiten sofort in großer Vollständigkeit gebracht. Beim Wasser wird im Anschluß an das Prinzip des Gleichgewichtes die Phasenregel sehr eingehend und trotz der durch die Raumbeschränkung des Werkes gebotenen Kürze mit musterhafter Klarheit behandelt und ihre Folgerungen vollständig abgeleitet, beim Sauerstoff wird im Anschlusse an eine ausführliche Darstellung des Knallgasgleichgewichtes $2H_2 + O_2 \rightleftarrows 2H_2O$ das Massenwirkungsgesetz und seine Anwendungen übersichtlich entwickelt usf. Die Untersuchungsmethoden und die Theorie der Legierungen werden mit einer in anderen kurzen Lehrbüchern bisher noch nicht erreichten Übersichtlichkeit und Vollständigkeit wiedergegeben.

Wo technische Prozesse auf physikalischer Grundlage theoretisch aufgeklärt sind, werden diese Grundlagen dargestellt. Die Verkohlung, die Theorie der Heizgase, die Chloralkalielektrolyse, der Eisenhüttenprozeß mit allen zugehörigen Vorgängen, die Verseifung der Fette, die Theorie der Explosionen und Explosivstoffe werden, um nur einige Beispiele anzuführen, gründlich vom physikalisch-chemischen Standpunkte aus entwickelt.

Die Darstellungsweise ist streng logisch und gewährt durch ihre Klarheit einen ästhetischen Genuß; nirgends sind Lücken in der Beweisführung festzustellen, und das Ziel, das sich der Verfasser im Vorworte gesteckt hat: „allen denen, die sich mit den Grundlehren und den Grundtatsachen der Chemie vertraut machen wollen, eine Übersicht über das Gesamtgebiet zu geben", ist in bezug auf die Grundlinien wenigstens mit glänzendem Erfolge erfüllt.

Weniger allerdings in bezug auf die Grundtatsachen; denn es erscheint unmöglich bei der Fülle des jetzt in der Chemie vorliegenden Materials an Grundlehren *und* Tatsachen, ein kurzes *Lehrbuch* des Gesamtgebietes auf einen Umfang von 50 Druckbogen zu beschränken; oder richtiger gesagt, die Aufgabe, heute noch ein allen Anforderungen genügendes kurzes Lehrbuch der gesamten Chemie zu verfassen, erscheint unlösbar. Ein Lehrbuch muß gleichberechtigt neben den wichtigen und interessanten theoretischen und physikalischen Grundlagen beschreibend die Eigenschaften wenigstens der wichtigsten Verbindungen bringen. Selbst die bescheidensten Ansprüche in dieser Beziehung müssen unerfüllt bleiben, wenn z. B. dem elementaren Eisen und seinen Herstellungsmethoden und Legierungen zwar 19 Seiten, den *gesamten* Ver-

[1] Übersetzung aus dem Schwedischen von *H. Kopp*, Geschichte der Chemie, Braunschweig 1847. Bd. IV. S. 77.

bindungen des Eisens dagegen nur 4 Seiten, dem Nickel und seinen Verbindungen 2 Seiten, dem Kobalt 1½ Seiten, den Kupferverbindungen 3 Seiten gegen 6 Seiten, die die Behandlung des metallischen Kupfers und seiner Darstellungsmethoden einnimmt, gewidmet sind. Äußerlich dokumentiert sich dieses Mißverhältnis auch darin, daß unter den 100 Abbildungen des Werkes, die im wesentlichen aus sehr klaren und lehrreichen Diagrammen bestehen, fast alle Wiedergaben der für den angehenden Chemiker auch nicht unwichtigen wissenschaftlichen und technischen Apparaturen fehlen. Wohl als einziger Apparat — und das macht fast einen humoristischen Eindruck — ist eine Bürette für Maßanalyse (S. 88) abgebildet.

Die Darstellung der organischen Chemie fußt naturgemäß fast ausschließlich auf der Strukturlehre und gibt nur an wenigen Stellen zu physikalisch-chemischen Ableitungen Veranlassung. Auch hier hat der Verfasser die Grundlagen mit musterhafter Klarheit entwickelt; aber auch hier wird sein Ziel, ein *Lehr*buch zu schreiben, durch die Raumbeschränkung (auf 18 Bogen) erschwert. Neben eingehenderer Behandlung einiger wichtigerer Abschnitte wird versucht, in möglichst gedrängter Form eine Übersicht aller, auch der kompliziertesten Verbindungsklassen zu geben. So außerordentlich geschickt das auch gemacht ist, so wird durch die Fülle des Materials der Abschnitt auf den studierenden Anfänger nur verwirrend wirken können; dem schon fortgeschrittenen und in die organische Chemie eingeweihten Naturwissenschaftler aber bietet er zu wenige Einzelangaben. Es würde wohl mehr den Richtlinien des ersten anorganischen Teiles entsprechen, in dem die Entwickelung der umfassenden allgemeinen Grundlagen gegenüber der Vollständigkeit der Spezialangaben bevorzugt wurde, wenn auch hier unter Verzicht auf die Vollständigkeit und die damit verbundene verwirrende Fülle kompliziertester Strukturformeln nur eine ausführliche Darstellung der wichtigsten und für das Verständnis der Strukturlehre grundlegenden Verbindungsreihen geboten würde. Dann würde das Werk in seinen beiden Teilen, die jetzt in ihrer Tendenz etwas auseinanderfallen, vereinheitlicht, und es könnte statt als „Lehrbuch" ähnlich wie das vor zwanzig Jahren aus demselben Geiste geborene vorbildliche Werk *Wilhelm Ostwalds* als „Grundlinien der Chemie" bezeichnet werden. Damit würden alle unbilligen und, wie schon gesagt, in diesem Rahmen unerfüllbaren Ansprüche an dieses Buch fortfallen und dasselbe von vornherein dem Leserkreise zugeführt werden, auf den es besonders segensreich wirken kann.

Für den jungen Chemiker, der mit seinen Studien beginnt, erscheint es zur ersten Einführung kaum geeignet; den Ansprüchen, die es an die physikalischen Vorkenntnisse stellt, wird in den seltensten Fällen entsprochen sein. Dagegen wird der schon fortgeschrittenere Student und der fertig ausgebildete Chemiker reiche Anregung und Belehrung erhalten, wenn er dieses Werk neben anderen spezielleren Lehrbüchern benutzt, und besonders Naturwissenschaftler anderer Disziplinen gewinnen vorzüglich durch den anorganischen Teil des Buches einen ausgezeichneten Überblick über die gesamten Grundlagen der Chemie. Unschätzbar erscheint aber vor allem seine Verwendung für die Schullehrer der Chemie, die in ihm eine äußerst wertvolle Quelle für ihre Unterrichtsstunden finden werden, die es ihnen erleichtert, ihren Schülern die Chemie von der höheren Warte allgemeiner naturwissenschaftlicher Gesetze aus darzustellen.

Von diesen Gesichtspunkten aus beurteilt liegt hier ein Werk ungewöhnlicher geistiger Konzentration vor, ein Werk, das für weite Kreise belehrend und geistig befruchtend sein wird, ein Werk, zu dessen Erscheinen nicht nur der Verfasser, sondern auch die deutsche Wissenschaft zu beglückwünschen ist.

A. Rosenheim, Berlin.

Schiebold, E., Die Verwendung der Lauediagramme zur Bestimmung der Struktur des Kalkspates. (Abhandl. der math.-physik. Klasse d. sächs. Akad. d. Wissensch. *XXXVI*, Nr. 2.) Leipzig, B. G. Teubner, 1919. S. 70 bis 213 und 46 Fig. Preis M. 6,—.

Die Reihe der wertvollen röntgen-kristallographischen Untersuchungen, die in den letzten Jahren aus dem Leipziger mineralogischen Institut hervorgegangen sind, wird in der vorliegenden Dissertation um eine eingehende Diskussion der Struktur des Kalkspates vermehrt. Der Verfasser wendet die Methode der Lauediagramme an, die bekanntlich besonders geeignet ist, um eine Nachprüfung und genaueste Bestimmung von Kristallgittern vorzunehmen, wenn ihre Struktur im wesentlichen schon feststeht. Dies ist hier durch die Untersuchungen von *W. L. Bragg* der Fall, zudem leitet der Verfasser aus der Fülle seiner Aufnahmen die Grundergebnisse (Schoenfließsches Punktsystem) unabhängig von den Braggschen Messungen her. Sein Ergebnis — um dies vorwegzunehmen — ist eine volle Bestätigung der Braggschen Struktur. Die Schwierigkeit, aus der Laueschen Aufnahmeart Schlüsse auf die Struktur zu ziehen, liegt darin begründet, daß die Intensität der Interferenzflecke durch zwei Faktoren bedingt wird, die sich nur schwer trennen lassen: den Strukturfaktor, den man zu ermitteln sucht, und die spektrale Intensitätsverteilung der von der Röntgenröhre ausgehenden Strahlung, die als Unbekannte in die Schwärzung der Flecke eingeht. Man darf aus diesem letzteren Grunde nicht wahllos verschiedene Flecken miteinander vergleichen, sondern muß eine Auswahl von solchen treffen, die gleiche oder nahezu gleiche Wellenlängen enthalten. Nur unter Berücksichtigung der spektralen Energieverteilung sowie einiger anderer leichter zu übersehender Einflüsse (wie z. B. Absorption im Kristall) tritt der Struktureinfluß unverdeckt zutage und gestattet nun dank der großen Anzahl von Kristallflächen, die auf den Laueaufnahmen zur Reflexion herangezogen werden, eine schärfere Strukturbestimmung, als das Braggsche Reflexionsverfahren, das nur mit wenigen Flächen arbeitet. Dies Verfahren, das der Referent als erster an Zinkblende und Pyrit ausgeprobt hat, wird von *Schiebold* durch sorgfältigste Auswahl aus einem großen photometrierten Fleckenmaterial zu höchster Präzision gebracht („Unabhängiges Verfahren"). Die Diskussion wird an 11 sehr punktreichen Aufnahmen durchgeführt und daraus ein Präzisionswert für den Abstand der O-Atome gewonnen, der innerhalb der Grenzen der Braggschen Angaben liegt. Bekanntlich liegen im Kalkspat ($CaCO_3$) Calcium- und Kohleatome je auf einem flächenzentrierten rhomboedrischen Gitter, und die Sauerstoffatome gruppieren sich zu je dreien um die C-Atome herum. Dabei gab *Bragg* den Abstand vom C- zum O-Atom in Teilen der Gitterkonstante gemessen zwischen 0,25 und 0,50 an (wahrscheinlichster Wert 0,3); hier wird der Wert auf $0{,}31 \pm 0{,}01$ präzisiert. Der Referent möchte jedoch ein Bedenken nicht unterdrücken: daß dieser Wert erhalten worden ist, indem das Zerstreuungsvermögen der Atome ihren Atomgewichten proportional gesetzt wurde, während hierfür

in Wahrheit die Elektronenzahlen maßgebend sind. Handelt es sich beim Kalkspat um ein Ionengitter, so ist das Verhältnis der Elektronenzahlen von dem angenommenen nicht unerheblich verschieden, und das Abstandsverhältnis im Gitter dürfte unter Berücksichtigung des veränderten Zerstreuungsvermögens der Atome ebenfalls den Wert ändern. Es wäre von besonderem Interesse, wenn es möglich wäre, auf dem Wege der Laueaufnahmen festzustellen, in welcher Art die Atome beim Kalkspat, einem typischen Radikalgitter, ionisiert sind.

Die Bestätigung der Braggschen Kalkspatstruktur ist um so wertvoller, als dadurch Einwände, die vor einiger Zeit gegen die Braggsche Struktur erhoben worden sind (*Tertsch*), als zurückgewiesen gelten müssen. Ausführliche Betrachtungen über die Besetzungsdichte der Netzebenen und die Häufigkeit der äußeren Flächen, über die Spaltbarkeitsverhältnisse sowie über Zwillingsbildung und die Gleitschiebung des Kalkspates im Zusammenhang mit dem Gitteraufbau bilden eine Fortführung der experimentellen Durchdringung der Kalkspatstruktur nach der theoretisch-spekulativen Seite hin. *P. P. Ewald, München.*

Mitteilungen aus dem Gebiete der Röntgenstrahlen.

Wird ein Körper von Röntgenstrahlen getroffen, so entstehen in ihm, wie bekannt, zweierlei Arten von Sekundärstrahlen: erstens eine aus negativ geladenen elektrischen Teilchen bestehende *Korpuskular*strahlung, die bei den radioaktiven Substanzen ihr Gegenstück in der β-Strahlung findet. Die Art dieser Strahlung ist von der der Röntgenstrahlen ganz und gar verschieden, jedoch wesensgleich mit derjenigen der Kathodenstrahlen, aus denen die Röntgenstrahlen entstanden sind.

Diese Strahlung soll uns heute nicht beschäftigen, sondern die zweite Art von Sekundärstrahlen, die sekundäre *Röntgen*strahlung, die in dem von den Primärstrahlen getroffenen Körper entsteht. Ihrer physikalischen Natur nach sind diese Strahlen Lichtwellen kürzester Art, genau wie die erzeugenden Röntgenstrahlen. Sie sind aber mit diesen nicht durchaus gleichwertig, sondern es hat sich die Notwendigkeit herausgestellt, in ihnen zwei Gruppen zu unterscheiden, für die sich die Namen *Streustrahlung* und *Fluoreszenzstrahlung* eingebürgert haben. Der Name der letzteren Gruppe soll auf die Analogie mit der optischen Fluoreszenz hinweisen, die sich bei der Entstehung und in der Zusammensetzung dieser Strahlen äußert: ihre Wellenlängen hängen nämlich nur von dem durchstrahlten Körper ab und sind nicht identisch mit denen der auffallenden Welle. Nur die Intensität wird durch das Vorhandensein und die Stärke gewisser Wellenlängenbereiche in der Primärstrahlung bedingt. Die Analogie mit der optischen Fluoreszenzstrahlung geht noch weiter, indem die „Stokessche Regel" gilt, daß eine Wellenlänge der Fluoreszenzstrahlung nur von einer *kürzeren* Wellenlänge in der auffallenden Strahlung angeregt werden kann. Die Fluoreszenzstrahlung ist also stets weicher als der Teil der Primärstrahlung, dem sie ihre Intensität verdankt. Da ihre Wellenlängen charakteristisch sind für die Atome, die in dem durchstrahlten Körper vorhanden sind, können sie zur Spektralanalyse mittels Röntgenstrahlen dienen, die bei gehöriger Ausbildung vor der optischen den Vorzug hätte, daß sie ohne Beschädigung des zu untersuchenden Körpers vor sich ginge.

Die Fluoreszenzstrahlung bietet höchstes Interesse im Zusammenhang mit der Erforschung des Atominnern, und es wird in späteren Berichten hierüber von ihr die Rede sein. Deshalb möge an dieser Stelle das Gesagte zu ihrer Charakterisierung genügen.

Wir wenden uns somit der *Streustrahlung* zu, die den eigentlichen Gegenstand dieses Berichtes abgeben soll. Sie enthält im Gegensatz zur vorigen keinerlei Bestandteile, die dem durchstrahlten Körper eigentümlich wären, sondern sie ist ein getreues Abbild der Primärstrahlung, was Wellenlängenbereich und Intensitätsverteilung auf ihn betrifft. Jedes Volumelement des durchstrahlten Körpers sendet einen Bruchteil der darauf fallenden Intensität als Streustrahlung nach allen Seiten aus. Diese Energie wird dem Primärstrahl, der ja bestimmte Richtung hat, entzogen. Im Prinzip ist das der gleiche Vorgang, der mit den Lichtstrahlen der Sonne in den obersten Schichten der Atmosphäre stattfindet, wo die Streuung durch die einzelnen Moleküle bekanntlich das Blau des Himmelsgewölbes veranlaßt. Wenn wir nicht bei Tage die Sterne hell auf schwarzem Hintergrund erblicken, so liegt dies daran, daß uns von den Luftmolekülen, die sich zwischen uns und dem Stern befinden, soviel von der Sonne stammendes Licht zuge„streut" wird, daß das schwache Licht des Sternes verdeckt wird. Daß dies Licht überwiegend aus Blau besteht, wird in der Theorie des Himmelsblaus begründet, indem gezeigt wird, daß das Streuungsvermögen der Moleküle für kurzwelliges Licht größer ist wie für rotes. Bei Röntgenstrahlen findet eine Bevorzugung der kurzen Wellen bei der Streuung nicht statt. Aber ein anderer Umstand würde uns, wenn wir Röntgenstrahlen direkt wahrnehmen könnten, den durchstrahlten Körper „blau", d. h. als Ausgangspunkt von kurzwelligen, harten Strahlen erscheinen lassen: die Absorption. Denn diese bewirkt, daß von den weiter entfernten Teilen des Körpers im wesentlichen nur die harten Strahlen bis zum Beobachter durchdringen.

Die Steigerung des Durchdringungsvermögens der Streustrahlung mit der Härte ist der Grund dafür, daß sie neuerdings, wo infolge der Bedürfnisse der Therapie eine früher ungeahnte Erzeugung härtester Strahlen stattfindet, besondere Bedeutung erlangt hat. In der Tat hat man erkannt, daß alle Messungen von Absorption und Dosis nicht nur korrektionsbedürftig, sondern ganz und gar unbrauchbar sind, wofern die Streustrahlung nicht berücksichtigt worden ist. Dies soll im folgenden näher erläutert werden.

Wie äußert sich der *Einfluß der Streustrahlen bei der Dosierung?* Die Strahlung, die im Körper vorhanden ist, besteht aus der Primärstrahlung P und der Streustrahlung S. (Es werde der Einfachheit halber angenommen, daß die Fluoreszenzstrahlung des Körpers nur ganz unerheblich angeregt wird, so daß sie vernachlässigt werden darf.) Das Volum dV empfängt statt der Dosis P die um die Streustrahlung vergrößerte Dosis $(P + S)$. Dabei hängt der Anteil S von der Ausdehnung und Form des Körpers bzw. von der Lage des Volumelementes ab. Besteht der Körper aus einem einzigen Element dV, so ist $S = 0$, *weil* aus der Umgebung nichts zugestrahlt werden kann.

Wie bedeutend die Beträge sind, um die die Dosis erhöht wird, lehrt die folgende Tabelle, die *R. Glocker* in seiner Untersuchung (Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, 25. 6) berechnet und die für verschiedene Tiefenlagen des Volumelements dV im physio-

logischen Körpergewebe bei wechselnder Strahlenhärte die Streuzusatzdosis S in Prozenten der Primärstrahldosis P angibt.

Härte der Strahlung Abs.-Koeff.	H. W. S. in cm H_2O	S in % von P für Tiefe 7 cm	14 cm
0,15	$4^2/_3$	43	67
0,20	$3^1/_2$	36	55
0,25	$2^3/_4$	31	48
0,30	$2^1/_3$	29	41
0,40	$1^3/_4$	25	34

Unter H. W. S. ist die Halbwertschicht in Wasser verstanden. Man erkennt, wie mit zunehmender Härte und zunehmender Tiefe der prozentuale Anteil der Streustrahlung wächst, bis er rechnungsgemäß bei harten Therapiestrahlen in größerer Tiefe den Wert 67 Proz. erreicht.

Nach den ausführlichen Untersuchungen, die *W. Friedrich* über den Einfluß der Streustrahlung und ihre Verteilung im Gewebe angestellt hat, scheint die Rechnung sogar zu kleine Werte zu ergeben. In den *„physikalischen und biologischen Grundlagen der Strahlentherapie"* von *B. Kroenig* und *W. Friedrich* wird z. B. über folgenden Versuch am Wasserphantom[1]) berichtet: Mit der Ionisierungskammer wird die Strahlenmenge gemessen, die zu einem Volumelement dV gelangt, wenn einmal durch Abdecken mit Bleiblenden nur der durch dV gehende Primärstrahl vorhanden ist, sodann umgekehrt gerade dieser Strahl durch Abdecken entfernt ist und daher die ganze nach dV gelangende Energie der Streustrahlung der umliegenden Volumina entstammt. Die gemessene Ionisierung ist also erst der reine Anteil P, dann S allein. Das Volum dV bestand hierbei aus einem Kubikzentimeter, der sich in der Mitte des bestrahlten Gesamtvolums befand, das seinerseits etwa ein Würfel von 15 cm Kantenlänge war. Bei den härtesten von *Friedrich* verwandten Strahlen (Halbwertschicht in Wasser 3,7 cm) war unter diesen Umständen S, der Anteil der Energie, der in dV hineingestreut wird, 2,6mal so groß wie der direkte Anteil P.

Man ermißt aus dieser Zahlenangabe, wie hinfällig alle Berechnungen von Strahlendosen ohne genaue Berücksichtigung der Streuzusatzdosis sind. Der von *Friedrich* und *Kroenig* beschrittene und ausgebildete Weg *direkter Ionisierungsmessung im Körperinnern* scheint bis auf weiteres der einzig zuverlässige zu sein, um ohne problematische Rechnungen die verabreichte Strahlenmenge festzustellen. Auffällig und bisher unaufgeklärt ist der große Unterschied zwischen den Friedrichschen Messungen und der Glockerschen Rechnung. Während nach der obigen Tabelle $S : P =$ etwa 40 Proz. zu erwarten wäre, ergibt die Messung sogar 260 Proz.! Nähere Untersuchung dieses Punktes ist dringend erwünscht.

Auch die *Abhängigkeit der Dosis von den Absorptionsmessungen des überhaupt bestrahlten Feldes* wurde von *Kroenig* und *Friedrich* untersucht. Hierzu wurde das Gesamtvolum derart abgedeckt, daß seine Oberfläche statt 15×15 der Reihe nach nur 12×12, 10×10, 8×8, 6×6, 4×4 cm betrug, und es wurden die Belichtungszeiten festgestellt, die zur Erreichung einer gewissen Dosis notwendig waren. Sie verhielten sich für ein Volumelement, das in 8 cm Tiefe gelegen war, wie:

Feldgröße:	4×4	6×6	8×8	10×10	12×12 cm
Bestrahlungszeiten:	1,0	0,75	0,65	0,56	0,51

Aus dem größten Volum empfängt das Element dV fast das doppelte an Energie wie aus dem kleinsten. Für ein an der Oberfläche des Wasserphantoms gelegenes dV ist der Effekt nicht so ausgesprochen, da ja in dieses Streustrahlung nur aus tieferen Schichten kommen kann, was in mehrerer Hinsicht die Ausbeute verringert.

Man ist gewöhnt und wegen der Kleinheit der Wellenlänge auch berechtigt, den Strahlengang von Röntgenstrahlen, die durch irgendwelche Blenden begrenzt sind, nach den Regeln der geometrischen Optik zu verfolgen. Ziehen wir aber hieraus Schlüsse auf die *Verteilung der Dosis innerhalb des durch die geometrische Ausblendung abgegrenzten Bereichs*, ohne die Streustrahlung zu berücksichtigen, so entstehen erhebliche Fehler. Denn die im direkten Strahlengang liegenden Partien des Körpers verlieren durch Streustrahlung, die im angrenzenden geometrischen Schatten gelegenen gewinnen Energie. Bei einem geometrisch ausgeblendeten Bereich von 12×12 cm fällt, wie *Friedrich* findet, die Dosis nach dem Rand hin um 20 Proz. gegenüber der Mitte ab und beträgt 6 cm über den geometrischen Schatten hinaus noch 13 Proz. von der Dosis in der Feldmitte. Rechnet man die Kurve von *Kroenig* und *Friedrich* etwas um, so zeigt sich, daß in 8 cm Tiefe eine ebenso große Gesamtdosis dem außerhalb des geometrischen Schattens gelegenen Gebiete verabfolgt wird, wie dem innerhalb gelegenen.

Diese Angaben mögen verdeutlichen, wie wichtig die Streustrahlung für eine zuverlässige Dosierung ist. Aber auch die *Absorptions*messungen heischen ihre gewissenhafte Berücksichtigung. Denn da die Streustrahlen die in die Tiefe gelangende Dosis erhöhen, setzen sie die scheinbare Härte der Strahlung hinauf. Hieraus erklärt sich die *Abhängigkeit der gefundenen Absorptionskoeffizienten von der experimentellen Anordnung*. *Kroenig* und *Friedrich* geben hierfür folgendes Beispiel: Bei konstant gehaltener Röntgenröhre wurde das zur Absorptionsmessung benutzte Filter (*Al* von 3 mm Dicke) erst dicht vor der Ionisierungskammer angebracht, sodann in der Mitte zwischen dieser und der Röhre. Im ersten Fall wird die Meßkammer von vielen Streustrahlen des *Al*-Bleches getroffen, und die absorbierte Energie scheint um 16 Proz. geringer zu sein als im zweiten Fall, was einem Fehler im Absorptionskoeffizienten von etwa 6 Proz. entspricht. Absorptionsmessungen an harten Strahlen sind also nur dann vergleichbar, wenn die genaue experimentelle Anordnung berücksichtigt werden kann. *Kroenig* und *Friedrich* beziehen alle Angaben auf den Fall, daß das absorbierende Filter in der Mitte zwischen Brennfleck und Meßgerät steht.

Diese Lage entspricht, wie *Glocker* (Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen *25*, S. 476) durch Berechnung zeigt, einem *Minimum des Streueffekts*. Man versteht dies Ergebnis leicht, wenn nur Streurichtungen berücksichtigt werden, die von der Rich-

[1]) Das von *Friedrich* verwandte Wasserphantom besteht aus einem zylindrischen Zinkblechgefäß von 35 cm ⌀ und 25 cm Höhe, das meist 20 cm hoch mit Wasser gefüllt wurde. Ein seitlicher Schlitz erlaubte die Einführung einer bis zur Zylinderaxe reichenden Ionisierungskammer und zwar in beliebiger Höhe. Da Wasser für die technisch vorkommenden Strahlen die gleichen Absorptions- und Streuungseigenschaften aufweist wie physiologisches Gewebe, läßt sich mit dem Wasserphantom die Strahlenverteilung, wie sie im Gewebe stattfindet, bequem verfolgen.

tung des Primärstrahls nicht sehr abweichen. Nennt man r_1 und r_2 die Entfernungen von einem Element des Filters zum Brennfleck bzw. zum Meßgerät, so ist $r_1 + r_2$ nahezu konstant, gleichgültig in welcher Entfernung das Filter zwischen diesen beiden Punkten steht. Nun wird die Primärstrahlung wegen der Ausbreitung der Energie auf Kugelschalen, bis sie das Filter trifft, proportional zu $1/r_1^2$ geschwächt, und dem gleichen Faktor ist die erzeugte Streustrahlung proportional. Bis diese in das Meßgerät kommt, erleidet sie eine weitere Schwächung um $1/r_2^2$, so daß die Dosis, die das Meßgerät trifft, dem Quadrat des Produktes $r_1 \cdot r_2$ umgekehrt proportional ist. Die Streustrahlung erreicht daher ihr Minimum, wenn das Maximum des Produktes eintritt, was bei der oben aufgestellten Nebenbedingung für $r_1 = r_2 =$ halber Abstand Brennfleck—Antikathode eintritt.

Der Einfluß der Streustrahlung auf die Härtebestimmung ist nicht allein praktisch wichtig, sondern verlangt eine strenge Sonderung von begrifflich verschiedenen Einflüssen. Was wird bei einem Absorptionsversuch gemessen? Das ist, wie in mehreren neueren Arbeiten, so namentlich von *Christen* (Fortschritte *25*, 55, 1917) und *Glocker* (Fortschritte *25*, 470, 1917) betont worden ist, nicht der reine Absorptionseffekt, sondern die Gesamtschwächung der Strahlung, die durch Absorption und Zerstreuung zusammen entsteht. Dabei wird man unter Absorption die Entziehung von Energie einer bestimmten Wellenlänge verstehen, wenn sie nicht in Form der gleichen Wellenlänge wieder ausgestrahlt wird, sondern sich in andere Energieformen verwandelt (Wärme, Ionisierungsarbeit). Es findet demnach auch „Absorption" der kurzwelligen Strahlung statt, die einen Stoff zur Aussendung seiner Fluoreszenzstrahlung veranlaßt. Man hat drei Größen: *Absorptionskoeffizient* $\bar{\mu}$, *Streuungskoeffizient* s, *Schwächungskoeffizient* μ zu unterscheiden, zwischen denen die Beziehung gilt (*Glocker*):

$$\mu = \bar{\mu} + s.$$

Der Schwächungskoeffizient μ ist in früheren Arbeiten als Absorptionskoeffizient angesprochen worden. Die Gleichung besagt nach Multiplikation mit einer (unendlich kleinen) Schichtdicke dx, daß die Gesamtschwächung des Primärstrahls in dieser Schicht sich additiv aus der Schwächung durch Absorption und der Schwächung durch Zerstreuung zusammensetzt.

Entsprechend sind auch Halbwertschicht reiner Absorption, Halbwertschicht reiner Streuung und die experimentell bestimmbare „kombinierte Halbwertschicht" unterschieden worden (*Christen*).

Sowohl der Streuungskoeffizient s wie der Koeffizient der reinen Absorption $\bar{\mu}$ sind *Materialkonstanten* und daher auch der Schwächungskoeffizient μ. Welche Gesamtschwächung aber ein Strahl beim Durchsetzen eines Körpers erleidet, hängt von dessen Gestalt ab, und man braucht deshalb, um von der beobachteten Intensitätsschwächung auf den Schwächungskoeffizienten zu schließen, mathematische Überlegungen. Für die einfachste und praktisch wichtigste Körperform, eine ebene Platte, sind die nötigen Formeln zur Reduktion von *Glocker* abgeleitet worden (Physikal. Ztschr. XIX 249, 1918). Natürlich ist es wichtig, auf die Materialkonstanten selbst zurückzugehen und nicht bei Größen stehen zu bleiben, die für Versuche unter verschiedenen Bedingungen nicht vergleichbar sind.

Welches sind die *Werte* dieser für die Röntgenforschung und -technik in gleicher Weise wichtigen Konstanten? Ihre Abhängigkeit ist eine zweifache, nämlich erstens von der Wellenlänge und zweitens von der Atomart. Während nun der Wert der wahren Absorption $\bar{\mu}$ für so viele Körper bekannt ist, daß *Glocker* kürzlich (Physik. Ztschr. XIX 66, 1918) eine für alle Atomarten und für alle technisch wichtigen Wellenlängen geltende Formel aufstellen konnte, sind die Kenntnisse über s bedauerlich gering. Wir wissen nur, daß s/ϱ (ϱ = Dichte) bei Elementen mit kleinem Atomgewicht etwa 0,2 ist und mit steigender Härte etwas abnimmt, während es für schwerere Atomarten von Werten wie 1 anfangend mit fallender Wellenlänge deutlich abnimmt. (Dies ist der umgekehrte Sachverhalt wie bei den Luftmolekülen dem Sonnenlicht gegenüber.) Möglicherweise sind für harte γ-Strahlen leichte und schwere Elemente auf den gleichen Grenzwert des Koeffizienten, 0,04, gesunken. Genaue Messung von Streuungskoeffizienten wären im wissenschaftlichen wie im technischen Interesse gleicherweise zu wünschen.

Zum Schluß möge noch auf einen Punkt eingegangen werden, der oft Gegenstand von Diskussionen und Kontroversen gewesen ist: auf die Frage nach der *physiologischen Wirksamkeit von harten und weichen Röntgenstrahlen*. Die rapiden Fortschritte in der Röhrentechnik und in den Instrumentarien sind ja der Erfahrung zu verdanken, daß zur Therapie tiefliegender Geschwulste die härtesten Strahlen die besten Dienste leisten. Ob dies aber daran liegt, daß mit ihnen eine größere Energiemenge an den Ort der Erkrankung gebracht werden kann als mit weichen Strahlen, oder ob ihnen eine größere spezifische Wirksamkeit auf die krankhaften Zellen zukommt, ist nicht mit Sicherheit entschieden und bildet einen Hauptgegenstand der Untersuchungen von *Kroenig-Friedrich*. Die Revision der Dosierung durch die Berücksichtigung der Streustrahlung wird von *Glocker* am Schluß seiner Arbeit in den „Fortschritten" benutzt, um die Frage aufzuwerfen, ob nicht die größere Wirkung der harten Strahlen auf die Erhöhung der Dosis infolge der Streuwirkung zurückzuführen ist. Die bisher angewandten Verfahren der Dosisbestimmung ergaben wegen Außerachtlassung dieses Faktors Werte, die nach der oben wiedergegebenen Tabelle für Ovarialtiefe etwa 40 Proz. zu klein sind. *Glocker* meint, daß auch die um 40 Proz. gesteigerte Dosis die großen klinischen Erfolge nicht erklären könnte. Man wird dieser Schlußweise wegen der mangelnden Übereinstimmung zwischen *Glockers* Rechnungen und *Friedrichs* Messungen skeptisch gegenüberstehen. Jedoch sprechen auch die Folgerungen, die *Kroenig* und *Friedrich* aus ihren Beobachtungen ziehen, für eine stärkere spezifische Wirkung der harten Röntgenstrahlen auf lebendes Gewebe. Es würde zu weit führen, die Frage der spezifischen Wirksamkeit hier eingehend zu besprechen, und es möge der Hinweis genügen, daß als erste Voraussetzung zu ihrer Entscheidung eine genaue Definition und praktisch durchführbare Methode der Dosismessung unumgänglich notwendig ist. Insofern hat diese Frage, die so großes biologisches und praktisches Interesse besitzt, durch die neuen Untersuchungen über Streustrahlung eine wesentliche Förderung erfahren.

P. P. Ewald, München.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 9. (Seite 161—180) **27. Februar 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Die neuen Forschungen G. Tammanns über Mischkristalle. Von *W. Fraenkel, Frankfurt a. M.* (Mit 9 Abbildungen). S. 161.

Entwicklung und gegenwärtiger Stand der Leichtmetallindustrie. II. Verarbeitung und Verwendung. Von *E. H. Schulz, Dortmund.* S. 166.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:
Über asymmetrische Entwicklung und Situs inversus viscerum bei Zwillingen und Doppelbildungen. Der Metopismus am menschlichen Schädel. Die Rotverschiebung der Spektrallinien zur Prüfung der Einsteinschen Gravitationstheorie. S. 175—177.

Berichte gelehrter Gesellschaften:
Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg. S. 177.
Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. S. 179.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Vor kurzem erschien:

Technisches Denken und Schaffen

Eine gemeinverständliche Einführung in die Technik

Von

Prof. **G. v. Hanffstengel**

Charlottenburg

Mit 153 Textabbildungen

Gebunden Preis M. 12.—

(Hierzu Teuerungszuschlag)

Das Buch bietet allen, die sich für technische Dinge interessieren, reiche Anregung und Belehrung. In großzügiger, zusammenfassender Darstellung, die durch zahlreiche, in einfachster Weise behandelte Beispiele anschaulich gemacht ist, wird der Leser in den Geist der modernen Technik, in die leitenden Gedanken, denen der Ingenieur bei seiner Arbeit folgt, eingeführt. Durch klare, neuartige Behandlungsweise ist es gelungen, selbst schwierigere technische Gedankengänge dem nicht technisch oder mathematisch Gebildeten mühelos zugänglich zu machen. Das Buch kann u. a. Studierenden, Praktikanten, Schülern, den Lehrern der Mathematik und Physik, ferner den kaufmännischen Leitern und Beamten industrieller Betriebe und allen anderen, die der Technik in irgendeiner Weise nahestehen, empfohlen werden. Ebenso wird der Ingenieur und der Lehrer der Technik mit Freude der Herausschälung technischer Leitgedanken und Denkmethoden folgen und manche Anregung daraus schöpfen.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 12.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.20.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser, Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Bernstein-Sammlungen

mit Belegstücken über das Vorkommen, die Entstehung und die Verwendung von Bernstein, sowie einzelne Stücke mit tierischen und pflanzlichen Einschlüssen liefern

Staatliche Bernsteinwerke
Königsberg i. Pr.
(152

Die Naturwissenschaften
1915, 1916
zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 167** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (167

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang Berlin — *Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.* / *Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche* / *Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)*

Mineralien, Gesteine, Petrefakten,
Einzelstücke und Sammlungen,
alle naturwissenschaftlichen Lehrmittel
Dr. Paul Michaëlis
Sächs. Mineralien- u. Lehrmittelhandlung
Dresden-Blasewitz 2, Schubertstraße 8
Liste 1919 über Mineralien, Gesteine u. Petrefakten kostenlos.

Insektenkunde *von Prof. Kolbe.* *M 14.—, geb. M 15 50*
Blütenbiologie *von Prof. Löwe.* *M 6.—, geb. M 7.—*
(Teuerungszuschlag 50%.) (180)
Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin S. W. 68.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Der Verkehr mit der Bank

Eine Anleitung zur Benutzung des Bankkontos zur Prüfung von Wechselabrechnungen, Kontoauszügen sowie Zins- und Provisionsberechnungen

Von **Wilhelm Schmidt**
Bankprokurist

Preis M. 2.20
Hierzu Teuerungszuschlag

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 27. Februar 1920. Heft 9.

Die neuen Forschungen G. Tammanns über Mischkristalle.

Von W. Fraenkel, Frankfurt a. M.

Dem Gedächtnis der Entdeckung des Isomorphismus vor 100 Jahren ist ein Werk gewidmet, in dem *G. Tammann* seine langjährigen Untersuchungen über die chemischen und galvanischen Eigenschaften von Mischkristallreihen und ihre Atomverteilung[1]) niedergelegt hat. Diese bedeutenden Forschungen, die das Problem der Mischkristalle von einer ganz neuen Seite beleuchten, haben in den Kreisen der Fachleute berechtigtes Aufsehen erregt, und es scheint deshalb angebracht, auch den Lesern dieser Zeitschrift in Kürze eine Vorstellung von dem zu vermitteln, was *Tammann* in jahrelangen unendlich mühsamen Untersuchungen erstrebt und erreicht hat.

Vorerst dürfte es aber nötig sein, mit wenigen Worten auf das einzugehen, was man bisher über Mischkristalle wußte. Bekanntlich hatte *E. Mitscherlich* im Jahre 1819 die Entdeckung gemacht, daß, wenn gewisse Verbindungen zusammen ohne Änderung ihres Kristallhabitus kristallisieren können, wenn sie also isomorph sind, ihnen auch eine analoge chemische Zusammensetzung zukommen müsse[2]). Der bedeutende Einfluß dieser Entdeckung auf die Chemie ist bekannt. *Berzelius* bezeichnet die Auffindung des Isomorphismus geradezu als die wichtigste Entdeckung auf chemischem Gebiete seit Aufstellung der Lehre von den multiplen Proportionen. Bekannt ist die Erscheinung bei den Alaunen, wo Kali- und Ammoniakalaune isomorph sind, auch bei den Feldspaten, wo Natron- und Kalkfeldspate sich als isomorph erwiesen haben. Spätere Forschungen haben die Kenntnisse auf diesem Gebiete bedeutend erweitert, besonders als nicht nur die Kristallisationen aus Lösungen, sondern auch die Erstarrung aus dem Schmelzflusse studiert wurden. Hier erwies sich besonders das Studium metallischer Schmelzen als fruchtbar, weil dort gerade die Methoden durch die Lehren der Metallographie besonders ausgebildet waren und das bekannte große Kristallisationsvermögen der Metalle der Untersuchung zu Hilfe kam. — Auch *Tammann* ging von metallischen Mischkristallen aus, wenn er später auch andere salzartigen Verbindungen in den Kreis seiner Betrachtungen gezogen hat.

Hat man eine Schmelze eines reinen Stoffes, die man abkühlen läßt, so tritt bei einer bestimmten Temperatur, dem Schmelzpunkte, Kristallbildung ein, und bis alles erstarrt ist, bleibt die Temperatur konstant, um dann wieder regelmäßig zu fallen. Löst man in einer solchen Schmelze einen zweiten Stoff auf und kühlt wieder ab, so wird man häufig bemerken, daß erst bei einer tieferen Temperatur Kristallbildung auftritt. Die zuerst ausgeschiedenen Kristalle bestehen häufig nur aus dem im Überschuß vorhandenen Stoffe, der quasi das Lösungsmittel darstellt. Die Ausscheidung dieses Stoffes findet bei fallender Temperatur so lange statt, bis die Lösung an dem gelösten Stoff gesättigt ist und von da ab kristallisieren die beiden Bestandteile bei konstanter Temperatur, bis alles erstarrt ist. Diese Erscheinung, die bei wäßrigen und anderen Lösungen fast die Regel ist — die bekannten Methoden der Molekulargewichtsbestimmung durch Gefrierpunktserniedrigung beruhen ja darauf —, kommt zwar auch bei der Erstarrung von Mischungen geschmolzener Metalle vor, doch findet man dort häufig, daß nicht der reine Stoff sich ausscheidet, sondern daß schon die zuerst ausgeschiedenen Kristalle auch gewisse Mengen des zweiten mit eingeschmolzenen Metalls enthalten können, und häufig ist als extremster Fall sogar zu beobachten, daß z. B. bei Mischungen zweier Metalle die Kristallisation so erfolgt, daß alle Konzentrationen in sich und unter sich homogene Kristalle von stetig wechselnder Zusammensetzung liefern können. Man spricht dann von einer kontinuierlichen Reihe von Mischkristallen der zwei Metalle A und B. Die Methoden zur Erkennung solcher vollständiger isomorpher Reihen sind bei den metallischen Mischkristallen besonders gut ausgebildet durch die Aufnahme sogenannter Schmelzdiagramme, indem man die Änderung des Wärmeinhalts solcher Schmelzen während ihrer Kristallisation durch Beobachtung des Temperaturfalles mit der Zeit in Abkühlungskurven verfolgt. Die Gesetze der Lehre vom heterogenen Gleichgewicht erlauben dann eine bündige Entscheidung, ob in der erstarrten Schmelze die Metalle sich nebeneinander ausgeschieden haben, ob chemische Verbindungen sich gebildet

[1]) Bei Leopold Voß, Leipzig 1919 (als Sonderdruck eines Hefts der Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie, Bd. *107*).

[2]) *Mitscherlich* formuliert den Satz folgendermaßen (Ostwalds Klassiker Bd. 94): Eine gleiche Anzahl Atome, wenn sie in gleicher Weise verbunden sind, bringen gleiche Kristallform hervor, und die Kristallform beruht nicht auf der Natur der Atome, sondern auf deren Anzahl und Verbindungsweise (Übersetzung aus dem schwedischen Original).

haben oder ob teilweise oder vollständige Mischbarkeit — Isomorphismus — auch im kristallinen Zustand vorliegt. Haben wir z. B. eine Schmelze von Silber und Gold und verfolgen wir die Temperatur während der Erstarrung, so finden wir auf der Temperaturzeitkurve zwei Knickpunkte: bei Beginn der Erstarrung tritt eine Verzögerung des Temperaturfalls ein, bei Ende der Kristallisation zeigt sich wieder ein beschleunigtes Fallen des Thermometers. Nimmt man solche Abkühlungskurven für alle Mischungen der beiden Komponenten auf und vereinigt in einem Temperatur-Konzentrationsdiagramm alle Knickpunkte, so kommt man zu einem Zustandsdiagramm, das z. B. für den Fall von vollständigem Isomorphismus der beiden Komponenten das folgende Aussehen haben kann (Fig. 1). Aus

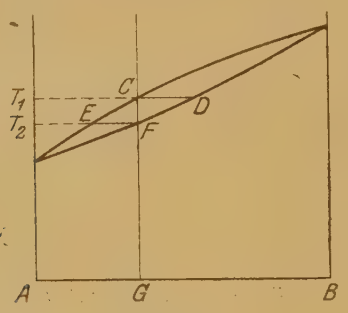


Fig. 1.
Temperatur-Konzentrationsdiagramm zusammengehöriger Gleichgewichtskonzentrationen von Schmelze und Metall.

diesem Diagramm läßt sich auch über den Verlauf der Erstarrung der verschiedenen Mischungen manches ohne weiteres erkennen. Geht man z. B. von einer durch G gegebenen Zusammensetzung aus und kühlt ab, so treten bei der dem Punkte C entsprechenden Temperatur T_1 die ersten Kristalle auf. Während nun die Schmelze bei Beginn der Erstarrung die Zusammensetzung G hat, haben die Kristalle die dem Punkt D entsprechende Zusammensetzung. Fällt unter weiterer Kristallabscheidung die Temperatur, so durchläuft die Schmelze die Zusammensetzungen, die den Punkten C bis E entsprechen, während die Kristalle ihrerseits ihre Konzentration von D bis F verändern müssen. Es gehören also zu jeder Temperatur zwei verschiedene Gleichgewichtskonzentrationen an Kristall und Schmelze, die man findet, wenn man bei der gesuchten Temperatur eine Parallele zur Konzentrationsachse, z. B. CD oder EF zeichnet. Die obere Kurve heißt deshalb auch die Liquidus-, die untere die Soliduskurve, weil beide Kurven eben die zusammengehörigen Gleichgewichtskonzentrationen von Schmelze und Kristall angeben. Zum wirklichen Gleichgewicht ist nötig, daß die schon ausgeschiedenen Kristalle immer wieder in Berührung mit der Schmelze durch Diffusionsvorgänge ihre Zusammensetzung ändern. Ist schließlich die Temperatur T_2 erreicht, so ist die Kristallisation beendet. Der letzte Tropfen Schmelze hat dann die Zusammensetzung E und der Kristall die Zusammensetzung F, die also mit C der Zusammensetzung der Schmelze vor Beginn der Erstarrung, die mit G identisch ist, übereinstimmt. Wurde so langsam erstarren gelassen, daß sich immer das Gleichgewicht einstellen konnte, so liegen jetzt in sich und unter sich homogene Kristalle der Konzentration G vor.

Charakteristisch für solchen vollständigen Isomorphismus einer Reihe ist die beobachtete Tatsache, daß die beiden Kurven des Beginns und Endes der Kristallisation stets kontinuierliche Kurven darstellen, die allerdings nicht wie im obigen Beispiel so zu liegen brauchen, daß die Punkte beginnender Erstarrung stets zwischen den Schmelzpunkten der Komponenten liegen, sondern die auch durch ein Maximum oder Minimum gehen können. Solche Maxima- oder Minimapunkte sind auch dadurch ausgezeichnet, daß dort die beiden Kurven sich berühren, daß also Beginn und Ende der Erstarrung dort in einen Punkt zusammenfällt und daß nicht wie bei dem oben betrachteten Fall der sich zuerst ausscheidende Kristall anfänglich eine von der Schmelze verschiedene Zusammensetzung hat, sondern daß in diesem Punkte die Schmelze zu Kristallen derselben Zusammensetzung erstarrt. Auch im allgemeinen Falle, wo sich anfänglich Kristalle anderer Zusammensetzung abscheiden, die ihre Konzentration mit fallender Temperatur ständig variieren müssen, kann man durch Erhitzen auf Temperaturen unterhalb der Schmelzpunkte, Gebrauch machend von der Tatsache, daß auch im festen Zustand in der Nähe der Verflüssigungstemperatur Diffusion stattfindet, zu homogenen Kristallen kommen. Der Endeffekt ist stets der, daß sich auf der ganzen Reihe von einem Stoff zum anderen eine Reihe homogener Kristalle bildet, die die Konzentration der Ausgangsschmelze haben.

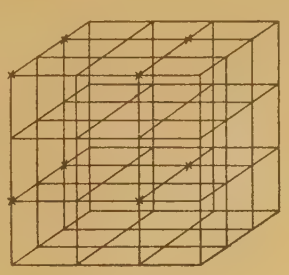
Ebenso wie die Punkte beginnenden und endenden Erstarrens in solchen isomorphen Reihen auf einer kontinuierlichen Kurve liegen, hat die Forschung auch für fast alle anderen Eigenschaften in Abhängigkeit von der Konzentration kontinuierliche Kurven ergeben. So wurde z. B. die Dichte und die elektrische Leitfähigkeit gemessen und das Gesetz bestätigt. Ja es hatte sich die Ansicht von dem kontinuierlichen Verlauf solcher Kurven so befestigt, daß man es geradezu als ein Postulat aufstellte, und daran konnten gelegentliche Beobachtungen, daß z. B. die Kurven der thermoelektrischen Spannung Knicke aufwiesen, nicht viel ändern, zumal solche Messungen nicht ohne Schwierigkeiten auszuführen und Fehlerquellen schwer zu vermeiden sind.

Über die Wirkungen chemischer Einflüsse auf Mischkristallreihen war aber sehr wenig bekannt, obwohl seit langem praktisch angewandte Tatsachen darauf hinweisen können, daß hier gänzlich abweichende

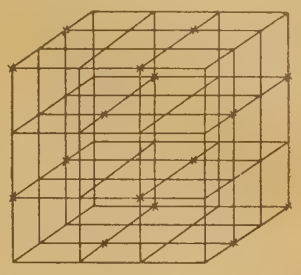
Verhältnisse vorliegen. Schon lange ist bekannt, daß einer Gold-Silber-Legierung das Silber nur dann quantitativ durch Salpetersäure entzogen werden kann, wenn die Legierung aus $^3/_4$ Silber und $^1/_4$ Gold besteht — die bekannte Goldsilberscheidung durch die Quart[1]).

Tammann ging in seinen neuen Forschungen von anderen Gesichtspunkten, und zwar solchen molekulartheoretischer Art aus. Er stellte sich zunächst die Frage, wie die zwei verschiedenen Atome einer Mischkristallreihe — nur von solchen sei hier die Rede — im gemeinsamen Raumgitter angeordnet seien[2]). Man kann da von vornherein 2 verschiedene Annahmen machen. Erstens können die verschiedenen Atome regellos bzw. nur nach den Regeln der Wahrscheinlichkeit die Gitterpunkte besetzen, und zweitens kann die Anordnung eine regelmäßige sein. Während man bisher mehr der ersten Annahme zuneigte, vertritt *Tammann* die zweite Ansicht, und seine Forschungen führten zu Ergebnissen, die seine Theorie durchaus zu bestätigen geeignet sind. — Bei höheren Temperaturen, wo die molekulare Beweglichkeit der Atome so groß ist, daß sie ihre Gitterplätze vertauschen können, wird allerdings eine von Augenblick zu Augenblick wechselnde Anordnung auch nach *Tammanns* Ansicht vorhanden sein. Es wird aber eben doch das Bestreben vorliegen, einer möglichst regelmäßigen Anordnung zuzustreben. Und wenn die Abkühlung langsam erfolgt oder wenn man die Temperatur lange genug so hoch hält, daß diese regelmäßige Anordnung im Temperaturgebiet möglichen Platzwechsels sich herstellen kann und man dann auf tiefere Temperaturen, wo ein Platzwechsel nicht mehr eintritt, abkühlt, so ordnen nach *Tammann* die Atome sich so an, daß sowohl eine *möglichst gleichmäßige Verteilung* entsteht und daß außerdem die Anordnung *mit der Symmetrie des betreffenden Gitters übereinstimmt.* Solche Betrachtungen führten *Tammann* dazu, sich ganz bestimmte Vorstellungen zu machen über die endgültige Gleichgewichtsanordnung zweier Atomarten in abgekühlten Mischkristallen. *Tammann* findet, daß besonders regelmäßige und leicht zu übersehende Anordnungen in regulären Gittern dann auftreten werden, wenn die Konzentrationen der zwei Atome in ganzen Vielfachen von $^1/_8$ vorliegen werden. Im einfachsten kubischen Gitter, wo also die Atome die 8 Punkte eines Würfels einnehmen, kommt *Tammann* zu folgenden Atomanordnungen als den *gleichmäßigsten und mit der Symmetrie übereinstimmenden* (Fig. 2, 3, 4, 5); denn wenn nur die Forderung der gleichmäßigsten Anordnung erhoben wird, so ist die Lösung der Frage mehrdeutig; sie wird erst eindeutig, wenn die zweite Forderung der mit der Symmetrie verträglichen Anordnung dazugenommen wird.

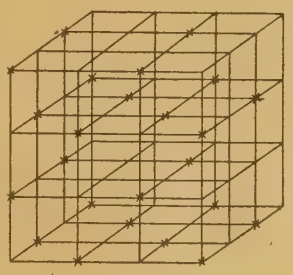
Für die Atomkonzentrationen $p = {}^1/_8, {}^2/_8, {}^3/_8$, und $^4/_8$ gibt er folgende Anordnungen (Fig. 2, 3, 4, 5).



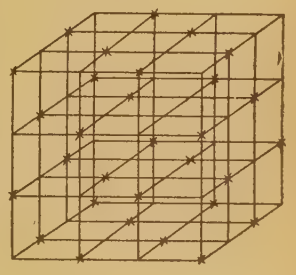
$p = {}^1/_8$
Fig. 2.



$p = {}^2/_8$
Fig. 3.



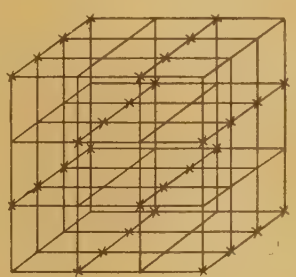
$p = {}^3/_8$
Fig. 4.



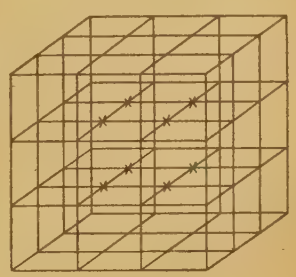
$p = {}^4/_8$
Fig. 5.

Endgültige Gleichgewichtsanordnung zweier Atomarten in abgekühlten Mischkristallen; möglichst gleichmäßig und mit der Symmetrie des betreffenden Gitters übereinstimmend.

$^5/_8$-, $^6/_8$- und $^7/_8$-Anordnungen sind natürlich die gleichen, da ja die beiden verschiedenen Atome nur vertauscht zu werden brauchen. Als Beispiel einer gleichmäßigen, aber mit der Symmetrie nicht verträglichen Anordnung sei Fig. 6, für eine zwar mit der Symmetrie in Übereinstimmung stehende, aber nicht möglichst gleichmäßige sei Fig. 7 ein Beispiel. Auf die interessante Art, wie *Tammann* zu diesen Verteilungen kommt, kann hier nicht eingegangen werden, darüber sei auf



$p = {}^4/_8$
Fig. 6.
Atomanordnung, möglichst gleichmäßig, aber nicht mit der Symmetrie verträglich.



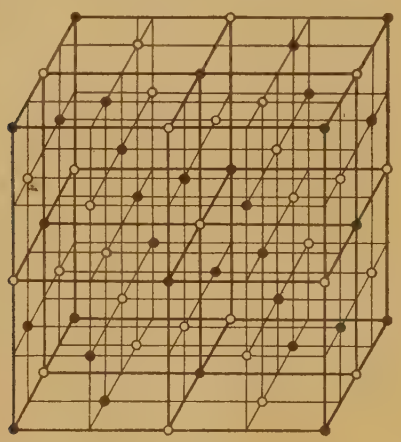
$p = {}^1/_8$
Fig. 7.
Atomanordnung, mit der Symmetrie übereinstimmend, aber nicht möglichst gleichmäßig.

[1]) In neuerer Zeit hat man allerdings bemerkt, daß man auch mit einem Mischungsverhältnis von 1 Teil Gold zu 1¾ Teilen Silber denselben Effekt erzielt.

[2]) Daß man jetzt der wohlbegründeten Ansicht ist, daß im kristallinen Zustand die Atome ein mit der Symmetrie des betreffenden Kristalls zusammenhängendes festes Raumgitter einnehmen, darf als bekannt vorausgesetzt werden.

das Original hingewiesen. Erwähnt sei nur noch, daß *Tammann* seine Betrachtungen auch auf andere Gitter, z. B. das flächenzentrierte, von ihm 14-Punkt-Gitter genannt, ausdehnt, was deshalb für ihn von besonderer Bedeutung ist, weil die am meisten untersuchten Beispiele der Silbergold- und Kupfergoldlegierungen in solchen Gittern kristallisieren. Ein Beispiel der Anordnung der Atome in diesem Gitter gibt die Fig. 8 für die Atomkonzentration $^4/_8$.

Tammann ging nun von der Annahme aus, daß bei Einwirkungen chemischer Art es einen prinzipiellen Unterschied geben müsse, ob die Atomanordnung im chemisch angegriffenen Körper eine regellose oder eine regelmäßige wäre. Hat man ein Glas, wo regellose Anordnung der Moleküle wohl ohne weiteres anzunehmen ist, das aus zwei Bestandteilen besteht, von denen einer in einem gewissen Lösungsmittel löslich, der andere



$p = {}^4/_8$

Fig. 8.
Atomanordnung im flächenzentrierten Gitter (sog. 14-Punkt-Gitter).

unlöslich ist, und extrahiert man dieses Glas mit einem solchen Mittel, so findet man, daß nicht der lösliche Bestandteil vollständig aus dem Glase herauslösbar ist, und daß der Rückstand relativ um so mehr von dem löslichen Bestandteil enthält, je geringer seine Konzentration ist. Macht man bestimmte Annahmen über die Schutzwirkung, die die Moleküle des unlöslichen Bestandteils auf die löslichen ausüben, so wird durch Ansätze, die sich aus der Wahrscheinlichkeitsrechnung ergeben, die Menge des im Rückstand bleibenden löslichen Bestandteils berechenbar werden. Solche Untersuchungen führt *Tammann* an Gläsern aus Borsäure und Kieselsäure aus, indem er die Borsäure durch Wasser oder methylalkoholische Salzsäure herauszulösen versucht. Er findet eine Abhängigkeit der nicht gelösten Borsäuremenge von der Konzentration, die sich wenigstens teilweise einer berechneten Kurve anschmiegt, der die Annahme zugrunde liegt, daß ein Borsäuremolekül dann vor der Einwirkung des lösenden Agenz geschützt wird, wenn es von 4 oder 5 Kieselsäuremolekülen umgeben ist. Jedenfalls muß sich auf diese Weise eine *kontinuierliche* Kurve ergeben. Eine solche findet *Tammann* aber *nicht*, wenn er auf Mischkristalle von Silber und Gold z. B. Salpetersäure einwirken läßt. Hier treten mit großer Deutlichkeit drei verschiedene Gebiete auf. Von der Silberseite ausgehend bis zu bestimmten Gehalten an Gold läßt sich durch Salpetersäure praktisch alles Silber entziehen. Auf der Goldseite hingegen ist bis zu einem bestimmten Betrag an Silber aus dem Mischkristall überhaupt kein Silber herauszulösen, und zwischen beiden Gebieten erstreckt sich eine Zone, wo die herauszulösende Silbermenge in Abhängigkeit von der Konzentration starke Veränderungen von Null bis zur völligen Entfernung zeigt. *Tammann* spricht von zwei Resistenzgrenzen und postuliert im Gegensatz zu den Verhältnissen bei regelloser Verteilung, wo eine kontinuierliche Kurve auftritt, eine gebrochene aus drei Stücken bestehende für die Abhängigkeit der gelösten

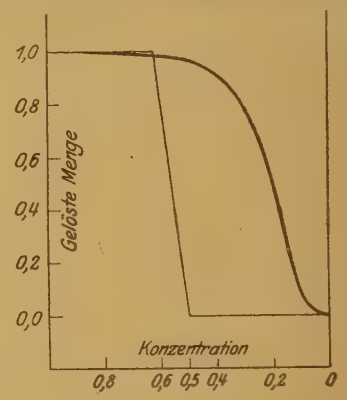


Fig. 9.
Abhängigkeit der gelösten Menge von der Konzentration.

Menge von der Konzentration. Die beiden Kurvenarten sind in der Fig. 9 angedeutet. Die Koordinaten sind: Abszisse: Konzentration in Mol-%. Ordinate: der Quotient der gelösten Menge durch die ursprüngliche vorhandene Menge.

Tammann unterscheidet zwei Arten der Einwirkung. Die eine Art ist die, daß ein Stoff in den Mischkristall *hineindiffundieren* kann, z. B. Wasserstoff in Silber-Palladium-Legierungen. Palladium löst bekanntlich Wasserstoff in großer Menge, während Silber diese Eigenschaft nicht hat. Gefunden wurde, daß bis 50 % an Palladium auch die Mischkristalle Lösungsfähigkeit für Wasserstoff haben, während bei größeren Molekularprozenten Silber die Löslichkeit fast 0 wird. — Die andere Art der Einwirkung ist eine solche, daß das Reagens den Mischkristall *von der Oberfläche her* schichtenweise abbaut. Zu dieser Gruppe gehört auch die Einwirkung der Salpetersäure auf Goldsilber-Mischkristalle und andere Reaktionen, die sogleich noch näher besprochen werden sollen. *Tammann* stellt sich nun vor, daß

z. B. der Wasserstoff in Palladium-Silber-Mischkristalle nur eindringen kann, wenn ihm Bahnen zur Verfügung stehen, die von außen in den Kristall hineingehend nur mit Palladiumatomen besetzt sind. Er spricht von *Fäden der absorbierenden Komponente*, die vorhanden sein müssen, damit der Wasserstoff ungehindert eindiffundieren kann. Ist ein solcher Faden z. B. von einem Silberatom unterbrochen, so schützt dieses Atom die hinter ihm liegenden vor weiterem Angriff. Nun findet er bei seiner Darstellung der Anordnung der Atome im Raumgitter, daß bei den Silber-Palladium-Mischkristallen, die ein flächenzentriertes Gitter besitzen, solche Fäden erst bei $^4/_8$ Mol-% Palladium auftreten. Diese $^4/_8$-Grenze tritt auch bei der Salpetersäurewirkung auf Silber-Gold-Mischkristalle, die ebenfalls ein flächenzentriertes Gitter haben, ein, also auch dieses Reagens beansprucht einfache Fäden, um seine abbauende Wirkung auf den Kristall ausüben zu können.

Die $^4/_8$-Grenze ist aber durchaus nicht die einzige, die auftreten kann. Es gibt auch Reagentien, die doppelte, dreifache usw. Fäden gebrauchen im Zusammenhang mit der Wertigkeit der Reagentien, die zum Angriff der aktiven Komponente benutzt werden. — Um die Wirkungen anderer Angriffsmittel bequemer studieren zu können, ohne komplizierte und zeitraubende analytische Untersuchungen durchführen zu müssen, wählt *Tammann* für seine weiteren Untersuchungen andere Methoden. So wendet er z. B. Reagentien an, die mit einer Komponente einen möglichst unlöslichen und fest haftenden Niederschlag erzeugen, z. B. schwefelhaltige Stoffe, die auf Silber unter Bildung von Schwefelsilber schwärzend einwirken, Gold dagegen unangegriffen lassen. Hier wurde gefunden, daß die Resistenzgrenze schon bei erheblich niedrigerem Goldgehalt liegt, in der Nähe von $^2/_8$ Mol-% etwa. Weiter verwandte *Tammann* Reagentien, wie Goldchlorid, Palladiumchlorür, Platinchlorür, Lösungen, aus denen der Mischkristall bis zu bestimmtem Goldgehalt das Metall niederschlägt, oder Lösungen von Chromsäure, Übermangansäure usw., die eine chemische Einwirkung durch Farbänderung der Lösung zu erkennen geben. Auch hier wurden stets Grenzen gefunden, die bei oder in der Nähe von $^1/_8$ der molekularprozentigen Zusammensetzung liegen.

Als es sich darum handelte, die genaue Lage der Resistenzgrenze festzustellen und die Frage zu entscheiden, ob die Grenzen wirklich genau bei Vielfachen von $^1/_8$ liegen, mußte der Beschaffenheit der Proben in mehrfacher Beziehung besondere Aufmerksamkeit zugewendet werden. Einmal mußte man sicher sein, eine wirklich homogene Legierung vor sich zu haben. Es ist schon gezeigt worden, daß bei der Kristallisation eines Mischkristalls im allgemeinen sich zuerst Kristalle abweichender Zusammensetzung ausscheiden, die sich stetig mit der Schmelze ins Gleichgewicht setzen müssen, damit der Kristall schließlich die Zusammensetzung der Ausgangsschmelze hat. Dieser Vorgang wird bei normaler Abkühlung nie vollständig werden, da aber auch im festen Zustand bei höheren Temperaturen lebhafte Diffusion stattfindet, wird man diese für die Versuche notwendige Homogenisierung durch Erhitzen der Legierungen während längerer Zeit herbeiführen müssen. Dadurch wird gleichzeitig auch der zweiten Bedingung genügt, daß nämlich die Metalle im sogenannten weichen Zustande vorliegen müssen, daß jede Wirkung der Kaltbearbeitung, die, wie theoretisch vorauszusehen war und experimentell festgestellt wurde, von Einfluß ist, entfernt sein muß. Bei der Extraktion der Gold-Silber-Legierungen mit Salpetersäure zeigte sich der Einfluß der Kaltbearbeitung deutlich.

Die genaueren Versuche wurden mit verschiedenen Reagentien bei den Gold-Silber- und Gold-Kupfer-Legierungen durchgeführt und folgende Tabelle gibt die Tammannschen Resultate:

Agens Lösungen von	Einwirkungsgrenze auf Cu-Au-Mischkristalle	Einwirkungsgrenze auf Ag-Au-Mischkristalle
$PdCl_2$	0,245—0,255 Mol Au	
$Pd(NO_3)_2$		0,245—0,255 Mol Au
$PtCl_2$	0,245—0,255 „ „	0,245—0,255 „ „
$(NH_4)_2S_2$	0,245—0,255 „ „	>0,32 „ „
Na_2S_2	0,22 „ „	0,27 „ „
$AuCl_3$		0,495—0,505 „ „
H_2CrO_4		0,492 „ „
$HMnO_4$		0,495—0,505 „ „
HNO_3		0,480—0,490 „ „

Es zeigte sich, daß bei gewissen Reagentien bis zu großer Genauigkeit die Resistenzgrenze mit einer Achtelgrenze zusammenfiel, daß aber daneben deutliche Über- und Unterschreitungen der Einwirkung zu beobachten waren. Nach *Tammanns* Ansicht werden diese Abweichungen nicht durch Abweichungen von der normalen Atomverteilung im Gitter bedingt, sondern sind eine Folge spezieller Eigentümlichkeiten der Agentien oder der von ihnen gebildeten Reaktionsprodukte, worauf hier nicht näher eingegangen werden kann.

Natürlich liegen in der Oberflächenschicht jeder Konzentration Atome der angreifbaren Komponente vor und diese werden mit dem Agens reagieren, aber ihre Menge ist jedenfalls viel zu klein, als daß man den Angriff irgendwie nachweisen könnte, was eben nur der Fall sein kann, wenn das Agens in den Kristall einzudringen imstande ist.

Sehr wichtig ist die Feststellung, die auch theoretisch vorausgesehen war, daß bei höheren Temperaturen, wo die Atome nicht im Gitter fest fixiert anzunehmen sind, sondern wo Platzwechsel der Atome stattfinden kann, keine Resistenzgrenzen gefunden wurden. Luftsauerstoff z. B.

wirkt bei den Kupfer-Gold-Mischkristallen schon bei relativ tiefen Temperaturen auf alle Legierungen, natürlich mit Ausnahme des reinen Goldes, oxydierend ein. Bei 123° trat die Wirkung nach 6-tägigem Erhitzen ein, bei 186° zeigten schon nach 2 Tagen alle Legierungen Anlauffarben. Hier kann eben nach *Tammann* keine Schutzwirkung auftreten, da durch die Möglichkeit des Platzwechsels die oxydierten Atome der Oberfläche durch andere ersetzt werden können.

Schließlich sei noch ein kurzes Wort über die galvanischen Eigenschaften der Mischkristalle gesagt nur im Hinblick darauf, daß die Feststellungen *Tammanns* auf diesem Gebiete für metallographische Forschungen von prinzipieller Wichtigkeit sind. Die Existenz chemischer Resistenzgrenzen läßt auch solche der galvanischen Polarisation vermuten, und in der Tat konnten diese auch gefunden werden. — Die thermodynamische Theorie der Abhängigkeit der Spannung von Mischkristallen von ihrer Konzentration fordert einen kontinuierlichen Verlauf und galvanische Resistenzgruppen sind mit dieser Theorie in Widerspruch. Man kann aber derartige thermodynamische Betrachtungen nur auf Gleichgewichtszustände anwenden, es muß sich also ein Gleichgewicht einstellen können zwischen den Elektroden und dem Elektrolyten. Das ist aber in Temperaturgebieten mangelnden Platzwechsels der Atome nicht der Fall. Die Forschungen über die Beziehung zwischen Spannung von Legierungen und ihrem das Kleingefüge enthüllenden Zustandsdiagramm führte nur zur Übereinstimmung zwischen beiden bei Legierungen mit so niedrigem Schmelzpunkt, daß bei gewöhnlicher Temperatur ein lebhafter Platzwechsel der Atome stattfinden konnte, z. B. bei den Messungen *Bijls* an Cadmiumamalgamen. Bei Mischkristallen, deren Schmelzpunkt höher liegt, zeigten sich nicht so übersichtliche Verhältnisse[1]), und *Tammann* macht darauf aufmerksam, daß man in solchen Fällen aus dem Auftreten eines Knickpunktes in der Kurve der Spannung in Abhängigkeit von der Konzentration nicht, wie es wohl geschehen ist, auf das Auftreten einer neuen Kristallart bei dieser Konzentration schließen kann, da eben ein solcher Knick auch durch eine Resistenzgrenze erzeugt werden kann.

Daß Resistenzgrenzen nicht auf metallische Mischkristalle beschränkt sind, zeigen *Tammann* und *Schmidt* am Beispiel der zwei isomorphen Salze Chlorsilber und Chlornatrium. Beim Behandeln mit Wasser ergab sich, daß bis ⅝ Mole Chlorsilber alles Chlornatrium gelöst und von ⅝ Mol Chlorsilber praktisch nichts mehr entzogen werden konnte. Die Anordnung der Atome im Raumgitter ist hier eine andere und die abweichende Lage der Resistenzgrenze war zu erwarten. Hier sind eben nicht nur zwei, sondern 3 verschiedene Atome vorhanden, die im Raumgitter untergebracht werden mußten. Die Kristalle waren aus dem Schmelzfluß entstanden, und es zeigte sich, daß die Homogenisierung bei nichtmetallischen Mischkristallen weit langsamer eintritt als bei metallischen. Die Diffusionsgeschwindigkeiten sind hier sehr wesentlich kleiner, worüber auch noch eine Anzahl interessanter Beobachtungen und Versuche sich im Buche finden.

In diesen wenigen Seiten konnte natürlich nur in großen Zügen das angedeutet werden, was dem Referenten als für einen allgemein naturwissenschaftlich orientierten Leserkreis wichtigste Ergebnisse der Tammannschen Forschungen vorzuliegen schien. Die Zeilen mögen recht viele dazu anregen, die Tammannsche Arbeit selbst zu studieren, sie werden sich durch eine Fülle von interessanten Beobachtungen und Anregungen belohnt finden. — Zum Schluß sei noch die Auffassung *Tammanns* über das von ihm angeschnittene Gebiet gegeben: Während die chemische Gleichgewichtslehre sich mit Zuständen beschäftigt, die dadurch charakterisiert sind, daß in den Teilen der betreffenden Systeme die Moleküle ungeordnete Bewegungen ausführen, so daß die Konzentrationen für nicht gar zu kleine Bezirke bestimmt sind, ist in dem neu behandelten Gebiet nicht mehr möglichen Platzwechsels der Atome ein Teil der Lebensäußerung der Materie erloschen, die Atome können nur noch Schwingungen um bestimmte Gleichgewichtslagen ausführen, die Reaktionsgeschwindigkeit aber ist noch eine erhebliche. Bei noch tieferen Temperaturen würde eine weitere Lebensäußerung der Materie mit immer mehr abnehmender Amplitude der Schwingungen verschwinden. Und gerade in diesem Zwischengebiete liege das Anwendungsgebiet der Atomistik auf die Reaktionen der binären Mischungen im isotropen und anisotropen Zustand. — Man wird mit Spannung darauf warten, ob die von *Tammann* gefundenen Ergebnisse bezüglich der Atomverteilung im Raumgitter durch Untersuchungen von ganz anderen Gesichtspunkten aus, nämlich durch Röntgenstrahlen nach dem Vorgange *M. von Laues* ihre Bestätigung finden werden.

[1]) *Puschin*, Zeitschrift f. anorg. Chemie *56* (1908), S. 1.

Entwicklung und gegenwärtiger Stand der Leichtmetallindustrie[1]).

II. Verarbeitung und Verwendung.

Von E. H. Schulz, Dortmund,
Militär-Baumeister a. D.

Die *Verwendung* der Leichtmetalle ist eine sehr verschiedene, der Gebrauch zu Konstruktionszwecken, Geräten usw., wie wir ihn bei den meisten andern technisch wichtigen Metallen

[1]) S. Naturwissenschaften 7, 923, 1919.

kennen, ist in großem Umfange nur zu finden bei Aluminium. Das Magnesiummetall wird nach dieser Richtung eigentlich erst seit dem Kriege und auch hier nur in verhältnismäßig beschränktem Maße verwandt. Die übrigen Leichtmetalle haben meist nur ganz spezielle Verwendungszwecke gefunden.

Das Aluminium hat von sämtlichen Leichtmetallen die höchsten Festigkeitseigenschaften und den besten Widerstand gegen korrodierende, besonders Witterungseinflüsse. Dazu ist die Möglichkeit einer Verarbeitung durch Gießen, Walzen, Pressen usw. eine recht gute.

Das Aluminium wird nach seiner Herstellung zu Blöcken vergossen. Man unterscheidet verschiedene Reinheitsgrade, je nach Höhe der in dem Metall immer vorhandenen kleinen Mengen von Eisen und Silicium. Als „technisches Aluminium" wird im allgemeinen bezeichnet ein solches mit einem Reingehalt von 96 bis 98 %; es ist härter und weniger widerstandsfähig gegen Korrosion als das besonders reine Aluminium mit einem Reinheitsgrad von 99 % und mehr.

Die Weiterverarbeitung des rohen Aluminiummetalls geschieht entweder durch ein Legieren mit anderen Metallen, um es zu Gußzwecken zu verwenden, oder aber es wird durch Walzen oder Pressen geformt und in seinen Eigenschaften verbessert. Das reine Metall wird zu Gußzwecken sehr selten verwandt, da seine Festigkeitseigenschaften nicht sehr günstig sind. Es hat

eine Streckgrenze von etwa 3 kg/qmm,
eine Bruchgrenze von 10 bis 12 kg/qmm,
eine Dehnung von etwa 10 %,
eine Kontraktion von etwa 17 %.

Im folgenden soll besprochen werden zunächst die Praxis der Verarbeitung durch Gießen, Walzen und dergleichen, dann die Eigenschaften und ihre Beeinflussung durch die Verarbeitung. Im Anschluß daran werden behandelt die Legierungen des Aluminiums, um schließlich zusammenfassend über die Verwendung zu berichten.

Wie bereits erwähnt, wird Reinaluminium gegossen meist nur in Blockform zur Weiterverarbeitung; beim Schmelzen des Aluminiums ist wichtig, daß das Metall sehr leicht mit dem Tiegelmaterial Reaktionen eingeht. Werden Eisentiegel verwandt, so löst das Metall bei höheren Temperaturen nennenswerte Mengen von Eisen auf; enthält das Tiegelmaterial — wie dies bei feuerfesten keramischen Produkten häufig der Fall ist — viel Kieselsäure, so wird aus dieser Silicium reduziert und aufgenommen, in beiden Fällen werden also die Verunreinigungen durch diese an sich schon vorhandenen Elemente zunehmen. Weiterhin liegen beim Guß insofern Schwierigkeiten vor, als das Aluminium ein sehr hohes Schwindmaß hat — 1,7—1,8 %, es lunkert daher stark. Je schneller die Abkühlung stattfindet — durch nicht zu große Abmessungen der Blöcke und niedrige Gießtemperatur —, desto feinkörniger wird das Metall, was für seine Eigenschaften und Weiterverarbeitung von günstigem Einfluß ist.

Für besondere Zwecke — die Verwendung als Desoxydationsmittel bei der Stahlherstellung s. u. — wird das Aluminium in granulierte Form gebracht; dies geschieht dadurch, daß es durch ein Sieb in Wasser gegossen wird. Ferner kommt auch gekörntes oder pulveriges Aluminium für verschiedene weiter unten zu besprechende Zwecke in Betracht. Zur Herstellung dieser Form wird zunutze gemacht die Eigenschaft des Metalles, bei einer Temperatur wenig unterhalb des Schmelzpunktes — etwa 600 ° — recht brüchig und spröde zu werden, so daß es sich leicht zerstoßen und zerstampfen läßt. Die bei diesem Prozeß sich zunächst bildenden gröberen Körner umgeben sich schnell mit einer Oxydhaut, die eine neue Vereinigung verhindert. Sollen feinere Körnungen erzielt werden, so wird das zerstampfte Material — ebenfalls im erwärmten Zustande — in Schüttelmaschinen weiter verarbeitet. Die allerfeinsten Körnungen, die schon als Pulver anzusprechen sind, werden durch ein weiteres Zerstampfen in erwärmten Stampfapparaten erzeugt. Die Erzielung von Mengen einheitlicher Korngröße geschieht naturgemäß durch ein Sieben oder entsprechende Operationen.

Bezüglich der Verarbeitung durch Reckprozesse (Walzen, Pressen usw.) ist das Aluminium ein nicht sehr schwierig zu behandelndes Material. Es läßt sich sowohl warm wie kalt gut walzen, und zwar herunter bis zu den dünnsten Folien (Blattaluminium). In der Strangpresse ist es im erwärmten Zustande ebenfalls leicht zu verarbeiten; die hier erzeugten Stangen lassen sich gut zu dünnen Drähten ausziehen. Aluminiumbleche sind ein sehr geeignetes Material für das Ziehen von Hohlgefäßen.

Zur Herstellung von Blechen, wohl der am meisten angewandten Art der Reckverarbeitung, wird das Material gegossen in Form von Barren, das sind dicke Platten. Diese werden dann auf Walzwerken bei einer Temperatur von etwa 500 ° mit starken Abnahmen bis auf 8—10 mm Stärke heruntergewalzt. Um noch dünnere Blechstärken zu erzielen, wird dann kalt weiter gewalzt. Da durch das Kaltwalzen, wie weiter unten besprochen wird, die Härte und Festigkeit stark zunehmen, die Dehnung und damit die für das Walzen wichtige Plastizität aber stark verringert wird, so müssen zwischen den einzelnen Stichen Glühungen eingelegt werden; als Glühtemperatur kommt in Frage etwa 350 °.

Die Verarbeitung auf der Strangpresse zu Stangen von runden oder profiliertem Querschnitt geschieht bei etwa 400 °, das Ziehen zu Draht und das Verpressen oder Stanzen zu Hohlkörpern aus Blech wird in der Kälte vorgenommen, jedoch müssen auch hier, wenn mehrfache Einzelreckvorgänge notwendig sind, Zwischenglühungen eingeschaltet werden.

Vorbedingung für eine glatte und gute Verarbeitung des Aluminiums durch Reckprozesse ist eine entsprechende Reinheit, die um so größer sein muß, je stärker die Beanspruchung beim Recken ist. Ein besonders reines Aluminium ist daher notwendig zur Herstellung dünner Folien. Entspricht der Reinheitsgrad nicht der betreffenden Beanspruchung, so reißt das Material bei der Verarbeitung. Dasselbe geschieht, wenn beim Kaltwalzen nicht in der richtigen Weise Zwischenglühungen eingelegt werden.

Wie bereits erwähnt, wird durch ein Kaltrecken die Härte, Zerreißfestigkeit und die Streckgrenze des Aluminiums erhöht, während die Dehnung (und auch die Kontraktion) abnehmen. Die nachfolgende Tabelle nach Versuchen von *E. H. Schulz*[1]) läßt erkennen, wie in einem ausgeglühten Blech beim immer stärkeren Herunterwalzen auf kaltem Wege ohne Zwischenglühungen Festigkeit und Härte sich ändern.

Behandlung	Zerreißfestigkeit kg/qmm	Dehnung %	Härte (nach *Brinell*)
Blech, 7 mm stark, geglüht	11	31,9	27
kalt auf 5,7 mm gewalzt	11,5	13,5	38
„ „ 5,0 „ „	13,2	7,8	43
„ „ 4,2 „ „	14,6	8,9	45
„ „ 3,2 „ „	15,2	6,1	48
„ „ 2,1 „ „	16,3	6,6	58

Ein Erwärmen nach dem Kaltrecken hat den umgekehrten Einfluß, Härte und Festigkeit fallen unter Ansteigen der Dehnung, wie aus nachstehender Tabelle nach *O. Bauer* und *Vogel*[2]) ersichtlich ist, die die Änderung der Eigenschaften beim stufenweisen Anlassen einer Probe kalt gewalzten Aluminiums mitteilen:

Behandlung	Zerreißfestigkeit kg/qmm	Dehnung %
Kalt gereckt	18,75	6,3
Auf 100° angelassen	18,20	6,5
„ 200° „	14,85	6,4
„ 300° „	8,85	37,7
„ 400° „	9,30	36,6
„ 500° „	9,85	31,0

Nach diesen Ziffern tritt also ein sehr schroffer Abfall der Festigkeit und sehr starkes Anwachsen der Dehnung ein zwischen 200 und 300 °. Eine Anlaßtemperatur von 300 ° bewirkt also bereits ein völliges Aufheben der durch die Kaltreckung erzeugten Änderungen in den Festigkeitseigenschaften. Blechgefäße, Stangen, Drähte, die absichtlich durch Kaltreckung (Ziehen) eine Härtung erfahren haben, um sie gegen mechanische Beanspruchungen widerstandsfähiger zu machen, dürfen demnach nicht auf Temperaturen über 200 ° erhitzt werden, wenn nicht eine Einbuße an Härte und Festigkeit eintreten soll.

Zu den Festigkeitseigenschaften sei noch ergänzend bemerkt, daß in der Wärme die Bruchfestigkeit ziemlich schnell abnimmt; sie ist nach Versuchen von *Le Chatelier* bei 200 ° nur noch wenig größer als die Hälfte von der bei Raumtemperatur, oberhalb 300 ° beträgt sie nur noch einige Kilogramm pro Quadratmillimeter. Die Kerbzähigkeit ist ziemlich hoch, 4—5 cmkg/qmm.

Die elektrische Leitfähigkeit des Aluminiums ist als verhältnismäßig gut zu bezeichnen, sie ist etwa halb so groß wie die des Kupfers; von den für technische Zwecke zur Verwendung kommenden Leitungsmetallen Kupfer, Aluminium, Zink und Eisen ist demnach Aluminium der zweitbeste Leiter. Aluminium hat daher schon länger in Amerika und während des Krieges infolge des Kupfermangels besonders auch in Deutschland eine große Bedeutung für elektrotechnische Zwecke (Leitungen, Motorwicklungen) gefunden, wobei zu bemerken ist, daß die gegen Kupfer geringere Leitfähigkeit häufig in gewisser Weise dadurch einen Ausgleich erfährt, daß das spezifische Gewicht des Aluminiums nur wenig mehr als ein Drittel von dem des Kupfers beträgt; infolgedessen sind Aluminiumleitungen — wenn nicht besonders hohe Anforderungen bezüglich der Festigkeit dem entgegen stehen (Freileitungen) — trotz der geringeren Leitfähigkeit leichter auszuführen als solche aus Kupfer.

Von sehr wesentlicher Bedeutung für die Verwendung des Aluminiums ist sein Verhalten gegen korrodierende Einflüsse, insbesondere durch die atmosphärische Luft und Niederschläge. Die sehr widersprechenden Angaben, die nach dieser Richtung früher in Büchern und Veröffentlichungen gemacht wurden, haben eine wirkliche Klärung erst vor einer Reihe von Jahren erfahren, insbesondere durch Versuche von *E. Heyn* und *O. Bauer*[1]). Destilliertes Wasser greift Aluminium verhältnismäßig wenig an unter Bildung eines gleichmäßigen weißlichen Belages von Aluminiumoxyd, salzhaltiges (Leitungs-) Wasser dagegen wirkt sehr kräftig auf das Metall ein, und zwar in um so höherem Maße, je stärker gereckt das Aluminium ist. Walzbleche und aus diesem gezogene Gefäße (Töpfe, Kessel, Feldflaschen und dergl.) sind daher dem Angriffe in ganz besonderem Maße unterworfen. Diese Korrosion von Aluminiumblech durch Leitungswasser äußert sich nicht in einem gleichmäßigen Angriff, es bilden sich vielmehr Aufbeulungen auf der Oberfläche, örtliche Anfressungen, die zur Durchlöcherung des Bleches in seiner ganzen Stärke führen können, sowie Aufblätterungen an den Schnittkanten. Enthält das Wasser Kohlensäure oder erfolgt der Angriff in der Wärme (Kochen), so verstärkt sich die Korrosion in beträchtlichem Maße.

[1]) Metall und Erz 1919, S. 91.

[2]) Mitteilungen a. d. Materialprüfungsamt, 1915, S. 146.

[1]) Mitteilungen a. d. Materialprüfungsamt, 1911, Seite 2.

Dieser unangenehmen Erscheinung, die der Verwendung des Aluminiums sich häufig hindernd in den Weg stellt, kann allerdings vorgebeugt werden, wenn das kalt gereckte Material vor der Ingebrauchnahme einer Wärmebehandlung unterworfen wird. Ein Erhitzen der kalt gewalzten Bleche oder kalt gezogenen Gefäße auf eine Temperatur von 450 ° läßt nämlich die Neigung zu diesen Korrosionserscheinungen vollständig verschwinden. Diese Nachbehandlung ist aber naturgemäß nur zulässig für den Fall, daß die dadurch bewirkte Herabsetzung der Zerreißfestigkeit und Härte mit in den Kauf genommen werden kann, man hat also die Wahl zwischen mechanisch gut widerstandsfähigem, aber der Korrosion sehr unterworfenem oder recht weichem aber chemisch gut widerstandsfähigem Material. Ein gewisser Schutz des kalt gereckten Aluminiums gegen den Angriff durch Feuchtigkeit läßt sich allerdings auch erzielen dadurch, daß man die Gegenstände gut mit Vaseline einfettet. Lackanstriche und dergl. bieten häufig keinen Schutz, befördern vielmehr infolge der in ihnen enthaltenen Salze die Korrosion.

Besonders stark angegriffen wird Aluminium durch Meerwasser, jedoch haben *O. Bauer* und *Vogel*[1]) eine Schutzbehandlung ausgearbeitet, die den Angriff durch Seewasser weitgehend hintan hält. Danach werden die Gegenstände in einer Lösung aus

1000 ccm destilliertem Wasser,
25 g Kaliumkarbonat,
25 g Kaliumbikarbonat,
10 g Kaliumbichromat,

2—4 Stunden lang auf 90 bis 95 ° erhitzt und dann mit reinem Wasser abgespült; das Metall wird hierdurch hell- bis dunkelgrau und hält der Einwirkung von Seewasser außerordentlich gut stand.

Bezüglich des Verhaltens des Aluminiums gegen andere chemisch angreifende Stoffe ist zu bemerken, daß Salpetersäure Aluminium in der Kälte fast überhaupt nicht, in der Wärme nur äußerst wenig angreift; auch verdünnte Schwefelsäure greift das Metall nur sehr schwach an, dagegen wird es leicht von Salzsäure gelöst. Von organischen Säuren wirken stärker lösend Milchsäure und Borsäure, jedoch bilden sich bei diesem Angriff keine gesundheitsschädlichen Salze, so daß das Aluminium für Küchengeräte und dergl. sowie im Gärungsgewerbe unbedenklich benutzt werden kann. Sehr gehütet müssen Aluminiumgegenstände werden vor der Berührung mit Quecksilber und Quecksilbersalzen, die fast augenblicklich das Metall unter starker Oxydbildung angreifen.

Sehr leicht löst sich Aluminium in Natron- und Kalilauge.

Die außerordentlich starke Verwandtschaft des Aluminiums zum Sauerstoff, die sich seiner Herstellung hindernd in den Weg stellte, wird in einer Reihe von Fällen auch praktisch ausgenutzt, so vor allem beim Thermitverfahren. Werden nämlich Oxyde hochschmelzender Metalle, insbesondere von solchen der Eisengruppe, mit Aluminium — beide in gepulvertem Zustand — vermischt und entzündet, so reduziert das Aluminium diese Oxyde mit großer Geschwindigkeit und unter Freiwerden große Wärmemengen. Der Vorgang vollzieht sich nach der Formel

$$Al + Fe_2O_3 = Fe + Al_2O_3.$$

Über die Bedeutung und Ausnutzung des Prozesses wird weiter unten ausführlicher gesprochen.

Für die Herstellung von Konstruktionen ist noch von Bedeutung der Umstand, daß das Aluminium den Versuchen, es zu löten, einen bislang noch nicht völlig überwundenen Widerstand entgegensetzt. Die Schwierigkeit, die auf Aluminium immer vorhandene dünne Oxydhaut zu entfernen sowie die hohe spezifische Wärme und die leichte Oxydierbarkeit machen die Ausführung der Lötung an sich bereits sehr schwierig. Ferner bildet das Aluminium mit Lötmetallen, die in ihrer Zusammensetzung sich sehr vom reinen Aluminium unterscheiden, leicht galvanische Elemente, die dann später unter dem Einflusse von Luftfeuchtigkeit usw. zu starken Anfressungen der den Lötnähten benachbarten Stellen führen. Dagegen läßt sich Aluminium verhältnismäßig gut schweißen, die Stücke werden hierzu auf über 400 ° erhitzt und dann — evtl. unter Anwendung von Flußmitteln — durch Zusammenhämmern verbunden.

Legieren läßt sich Aluminium mit den meisten Metallen leicht, wegen der durch den Zusatz anderer Metalle zu erzielenden Steigerung der Festigkeit und Härte sind Aluminiumlegierungen fast in größerem Maße in Verwendung als das reine Metall. In Patenten sowie in der Literatur und in der Praxis ist eine ungeheure Menge von Legierungen vorgeschlagen worden, die, wie ja überhaupt im Legierungsgewerbe in sehr vielen Fällen Produkte zielloser Versuchsmischereien und als wertlos anzusprechen sind. Wirklich praktische Bedeutung als Zusatzmetalle im Aluminium haben nur erlangt: Kupfer, Zink, Magnesium, Zinn, Nickel und Eisen, die entweder einzeln oder zu mehreren — je nach dem verfolgten Zweck — zugesagt wurden.

Schirmeister[1]) hat in einer größeren Abhandlung die Einwirkung fast sämtlicher Metalle auf das Verhalten beim Guß, die Walzbarkeit, die Härte und die Korrosion auf Grund umfangreicher Versuche behandelt. Bei der nachfolgenden Besprechung der Eigenschaften der Legierungen ist, soweit nicht andere Quellen angegeben werden, meist auf die Untersuchungen *Schirmeisters* zurückgegriffen worden.

Kupfer bildet mit Aluminium bis zu einem Gehalt von 4 % Mischkristalle, darüber hinaus tritt neben diesen noch die chemische Verbindung $CuAl_2$ auf. Die härtende Wirkung dieses Zu-

[1]) A. a. O.

[1]) Stahl und Eisen 1915, S. 649.

satzes ist daher recht groß. Eine Legierung aus 92 % Aluminium und 8 % Kupfer hat im gegossenen Zustande eine Festigkeit von 13 kg/qmm. Walzbar sind die Kupfer-Aluminium-Legierungen um so schlechter, je höher der Kupfergehalt ist, man geht aus diesem Grunde für Walzgut nicht über 4 % Kupfer hinaus, während im Gußmaterial auch höhere Mengen zugesetzt werden. Legierungen von Aluminium nur mit Kupfer werden in der Technik verhältnismäßig selten gebraucht, meist werden noch andere Metalle zugesetzt, insbesondere Magnesium sowie auch Zinn; über derartige Legierungen wird weiter unten gesprochen.

Zink bildet mit Aluminium bis zu einem Gehalt von etwa 30 % nach den Untersuchungen von *O. Bauer* und *Vogel*[1]) Mischkristalle; die härtende Wirkung ist aber geringer als die des Kupfers. Soll daher Aluminium durch Zinkzusatz verfestigt werden, so bedarf es im allgemeinen größerer Mengen (mindestens rd. 10 %). Es ist jedoch zu bemerken, daß das spezifische Gewicht des Aluminiums durch den Zusatz des viel schwereren Zinks zunächst nicht allzu sehr erhöht wird, eine Legierung mit 20 % Zink hat erst das spezifische Gewicht von 3,03.

Ein Nachteil der Zink-Aluminium-Legierungen ist, daß sie beim Guß verhältnismäßig stark schwinden und lunkern, dagegen ist ein Vorteil ihre gute Dehnbarkeit und Reckbarkeit. Was die Verfestigung anbetrifft, so steigen Elastizitätsgrenze und Bruchgrenze mit steigendem Zinkgehalt ziemlich gleichmäßig an, um bei rund 50 % Zink ein Maximum zu erreichen (nach Versuchen von *Portevin*, ferner von *Even* und *Tupner*). Die Verarbeitbarkeit der Zink-Aluminium-Legierungen durch Walzen und Pressen ist recht gut, es werden hierbei auch gute Festigkeitseigenschaften erzielt, technisch zur Verwendung kommende Legierungen haben jedoch meist noch einen Zusatz von anderen Metallen; über die Eigenschaften solcher Legierungen ist weiter unten wieder besonders gesprochen.

Bezüglich des Korrosionswiderstandes sind die Zink-Aluminium-Legierungen den Kupfer-Aluminium-Legierungen unterlegen, besonders schlecht wird das Verhalten der Zink-Aluminium-Legierungen — beispielsweise mit etwa 10 % Zink —, wenn diese noch einen geringen Kupfergehalt haben.

Der Zusatz von Magnesium zu Aluminium in Mengen von mehreren Prozent wurde eine Zeitlang als sehr wichtig angesprochen, derartige von *Mach* vorgeschlagene Legierungen wurden unter dem Namen Magnalium in den Handel gebracht. Magnesium wirkt sehr stark härtend auf das Aluminium ein, die Legierungen werden aber bei höheren Magnesiumgehalten sehr spröde. Im gegossenen Zustande kann durch den Zusatz von 10 % Magnesium die Zerreißfestigkeit auf 25—30 kg/qmm gesteigert werden, bei etwa 20 % Magnesium ist aber infolge der Sprödigkeit jede technische Benutzung wohl ausgeschlossen; in Materialien, die einer Reckbehandlung unterworfen werden sollen, darf mit dem Zusatz allerhöchstens auf 7—8 % heraufgegangen werden. Außer der Sprödigkeit haben die Magnesium-Aluminium-Legierungen — und dies trifft auch für geringere Gehalte schon zu, insbesondere für einen solchen von 6 % — einen verhältnismäßig geringen Korrosionswiderstand. Sehr wichtig ist der günstige Einfluß geworden, den das Magnesium bereits in recht geringen Mengen — weniger als 1 % — auf Aluminiumlegierungen ausübt hinsichtlich der leichteren Bearbeitbarkeit mit schneidenden Werkzeugen. Außerdem ist von Interesse und auch von einer gewissen technischen Bedeutung die Tatsache, daß Magnesium-Aluminium-Legierungen durch eine Wärmebehandlung veredelt werden können; dies Verfahren ist patentamtlich geschützt. Wird nämlich mit Magnesium (meist in Mengen von etwa 0,8 %) legiertes Aluminium, das auch noch andere Metalle enthalten kann, nach dem Walzen oder Pressen erhitzt und dann langsam oder schnell abgekühlt, so tritt — und zwar nicht sofort, sondern erst nach einigem Lagern — eine merkliche Erhöhung der Härte, Zerreißfestigkeit und auch der Dehnung ein. Von dieser Eigenart ist besonders in der „Duralumin" bezeichneten Legierung Gebrauch gemacht worden.

Der Zusatz von Zinn zu Aluminium hat zwar keine härtende und verfestigende Wirkung, jedoch verleiht dies Metall dem Aluminiumguß eine außerordentlich gute Bearbeitungsfähigkeit mit schneidenden Werkzeugen, die in der gleichen Weise durch keinen andern Zusatz erreicht werden kann.

Eisen und Nickel werden dem Aluminium für Formgußzwecke in kleinen Mengen zugesetzt wegen der härtenden Wirkung und vor allem, weil durch diese Metalle die Lunkerbildung stark herabgesetzt wird; Nickel- und auch Eisen-Aluminium-Legierungen ergeben daher einen guten dichten Guß. Außerdem wird den Nickel-Aluminium-Legierungen ein guter Korrosionswiderstand gegen Seewasser nachgerühmt.

Eine Reihe von seltenen Metallen, insbesondere Cer, Zirkon sowie Molybdän — letzteres bei gleichzeitiger Gegenwart von Kupfer —, sollen sehr säurebeständige Legierungen ergeben.

Einer besonderen Besprechung bedürfen die Legierungen, die meist mehr als nur ein Zusatzmetall aufweisen und in der Praxis besondere Bedeutung gewonnen haben.

Für Gießereizwecke wird das Aluminium vorzugsweise legiert mit Zink, Kupfer sowie gelegentlich, um es leichter bearbeitbar zu machen, mit Zinn, ferner — um einen recht dichten Guß zu erhalten — mit Eisen oder auch mit Nickel. Als besondere Zusammensetzungen sind folgende zu nennen:

93 % Aluminium, 4 % Kupfer, 2 % Zink und 1 % Eisen ergeben ein gutes dichtes Material mit

[1]) A. a. O.

einer Zerreißfestigkeit von 14—15 kg/qmm und 3—6 % Dehnung, eine Legierung ähnlicher Eigenschaften ist die mit 85 % Aluminium, 14,5 % Zink und 0,5 % Kupfer. Von amerikanischen Firmen werden für hochbeanspruchte Teile im Automobilbau besonders verwendet die nachstehenden Legierungen:

Aluminium	Kupfer	Zink
92 %	8 %	—
82 %	3 %	15 %
65 %	—	35 %

Für Zünder wurde während des Krieges eine Legierung verwandt, die sich wegen ihrer leichten Bearbeitbarkeit mit schneidenden Werkzeugen besonders gut für die Massenfabrikation eignet, sie bestand aus 92 % Aluminium, 2 % Kupfer und 6 % Zinn. Als infolge des Mangels an Zinn an Stelle dieser Legierung eine andere eingeführt werden mußte — nachdem zuvor festgestellt worden war, daß die gute Bearbeitbarkeit auch noch aufrecht erhalten blieb bei Gehalten bis herunter zu etwa 2 % Zinn —, wurde festgestellt, daß eine Legierung aus rund 90 % Aluminium, 8—10 % Zink und bis zu 0,5 % Magnesium den zu stellenden Ansprüchen ebenfalls ziemlich genügte.

Eine gewisse Bedeutung haben insbesondere während des Krieges auch Aluminiumlegierungen für die Verwendung zu Lagermetallen erlangt, allerdings kommen diese nur für schwach belastete Lager in Betracht. Die vorgeschlagenen Legierungen ähneln denen, die allgemein für Gußzwecke Verwendung finden, als Beispiele seien die nachstehenden genannt:

Aluminium %	Kupfer %	Zink %	Magnesium %	Zinn %
88	—	12	—	—
91,5	8	—	0,5	—
90	3	—	—	7
89	—	4	7	—
87	8	—	—	5

Von diesen soll die letztgenannte auch für stärkere Belastungen sich verhältnismäßig gut bewährt haben.

Von den Legierungen, die einer Weiterverarbeitung durch Walzen, Pressen und Ziehen unterworfen werden sollen, ist an erster Stelle zu nennen das Duralumin, eine Erfindung des Ingenieurs *Wilm*, für die die Dürener Metallwerke in Düren (Rheinland) das alleinige Herstellungsrecht besitzen. Das Duralumin wird in verschiedenen Härten, d. h. verschieden legiert, in den Handel gebracht, charakteristisch für das Material ist ein Gehalt an Magnesium von etwa 0,7 %, je nach der zu erzielenden Härte und Festigkeit enthält die Legierung außerdem noch bis zu 5 % Kupfer und bis zu 0,8 % Mangan. Die Verarbeitung des Duralumins kann wie die des Reinaluminiums leicht durch Walzen usw. geschehen, jedoch ist es dem Reinaluminium weit überlegen hinsichtlich der Festigkeitseigenschaften. Duralumin wird hergestellt mit einer Streckgrenze von 20 bis annähernd 30 kg/qmm, einer Bruchgrenze von 36 bis 48 kg/qmm und einer Dehnung von 25 bis 17 %. Diese Zahlen beziehen sich auf den sogenannten „veredelten" Zustand. Beim Duralumin wird nämlich die bereits oben erwähnte eigenartige Wirkung des Zusatzes von Magnesium zunutze gemacht, das Material erhält seine guten Festigkeitseigenschaften dadurch, daß es nach der Reckbehandlung auf 4—500° erhitzt und dann je nach dem zu erzielenden Zwecke einer schnelleren oder langsameren Abkühlung überlassen wird; durch diese Behandlung steigen sowohl Festigkeit wie Dehnung. So läßt sich z. B. ein Duralumin, das im geglühten Zustande eine Bruchgrenze von 26 kg/qmm und eine Dehnung von 17 % aufweist, durch diese Vergütung auf eine Bruchgrenze von 41 kg/qmm bei 23 % Dehnung bringen. Wird das Duralumin nur einer kräftigen Kaltstreckung unterworfen ohne anschließende Glühung, so werden noch höhere Festigkeitswerte — allerdings bei entsprechend geringerer Dehnung — erzielt. Für die technische Verwendung des Duralumins ist außer diesen guten Festigkeitseigenschaften noch von besonderer Bedeutung der hohe Widerstand des Materials gegen korrodierende Einflüsse; soweit bisher bekannt geworden ist, stellt das Duralumin die beständigste unserer Aluminiumlegierungen dar. Aus diesem Grunde ist es den Legierungen des Aluminiums mit etwa 10 % Zink, in denen ebenfalls recht gute Festigkeitseigenschaften zu erzielen sind, stark überlegen. Werden gewalzte oder gepreßte Stücke aus diesen beiden Legierungsarten dem Einflusse der Luftfeuchtigkeit oder des Wassers ausgesetzt, so stellen sich bei den Zinklegierungen bedeutend stärkere Korrosionen ein, die nicht nur in einem Unansehnlichwerden der Oberfläche sich äußern, sondern die auch — wahrscheinlich infolge der Bildung feiner Risse — die Festigkeit und noch mehr die Dehnung der Zinklegierung in ungleich stärkerem Maße herabsetzen als die des mit Kupfer legierten Materials.

Der Magnesium-Aluminium-Legierung Magnalium wurde oben bereits gedacht, trotz der in ihr zu erzielenden teilweise recht guten Festigkeitseigenschaften (Bruchgrenze von 26 kg/qmm bei 14 % Dehnung) hat sie sich wegen ihres geringen Korrosionswiderstandes auf die Dauer nicht einzuführen vermocht.

Auf verschiedene Verwendungszwecke des Aluminiums und seiner Legierungen wurde im vorstehenden bereits gelegentlich hingewiesen. Die technische Bedeutung des Materials beruht in erster Linie naturgemäß auf seinem geringen spezifischen Gewicht. Das Gebiet, auf dem ihm daher vorzugsweise eine weitgehende Verwendung vorbehalten war, ist das des Luftschiff- und Flugzeugbaues, wo es für Konstruktionen aller Art angewandt wird, sowohl in reiner Form vor allem als Blech zur Abdeckung, Verkleidung usw.,

wie legiert für höher beanspruchte Gestänge, Streben und dergleichen. Aluminiumguß — in legierter Form — hat sich besonders eingeführt im Bau von Motoren, für Kurbelgehäuse, Steuergehäuse, Kühler und dergleichen bei Automobilen. Ein besonders großes Interesse am Aluminium haben auch stets die Heeresverwaltungen gehabt, die für Ausrüstungsgegenstände der Mannschaften sowie für den Wagenbau und dergleichen im Interesse der größeren Marschfähigkeit bzw. Beweglichkeit die Verwendung eines möglichst leichten Werkstoffes naturgemäß erstrebten. Feldflaschen und Kochgeschirre aus Aluminium wurden in Deutschland mit gutem Erfolg beim Heere eingeführt und fanden weiterhin ihren Weg auch in die bürgerlichen Küchen, wo der Kochtopf aus Aluminium so beliebt und weitgehend in Verwendung war, daß bei dem Metallmangel im Kriege große Mengen an Aluminium durch die Sammlung gerade aus dieser Quelle der Heeresverwaltung zuflossen. Die Versuche verschiedener Heeresverwaltungen, Patronenhülsen statt aus Messing aus Aluminium herzustellen, scheiterten an der zu geringen Widerstandsfähigkeit des Materials gegen die Beanspruchung beim Schuß, auch ein Legieren führte hier zu keinem besseren Erfolge.

Im Maschinen- und Gerätebau hat das Aluminium ebenfalls infolge seiner großen Leichtigkeit weitgehende Verwendung gefunden, auf Lager und Teile für den Motorenbau wurde bereits hingewiesen; zu erwähnen wäre noch die Herstellung sehr vieler kleingewerblicher Artikel wie Schlüssel, Bestecke, Fassungen für Operngläser usw. Besondere Versuche wurden auch angestellt, um das Aluminium im Schiffbau anzuwenden, wo eine Gewichtsersparnis der Metallausrüstungsteile ja häufig auch von der größten Bedeutung ist. Infolge der geringen Beständigkeit sowohl des Reinmetalls wie auch seiner Legierungen gegenüber dem korrodierenden Einfluß von Seewasser sind jedoch diese Versuche leider zum weitaus größten Teil negativ ausgefallen. Die verhältnismäßig noch gute Leitfähigkeit für Elektrizität hat dagegen schon vor dem Kriege besonders in Amerika und dann während des Krieges unter dem Zwange des Kupfermangels in Deutschland dem Aluminium eine verhältnismäßig umfangreiche Verwendung in der Elektrotechnik verschafft und zwar für Leitungszwecke. Bei der Beurteilung dieser Sachlage ist von vornherein folgende Überlegung zu machen. Aluminium hat zwar nur rund die halbe Leitfähigkeit des Kupfers, jedoch wird infolge des nur ein Drittel betragenden spezifischen Gewichtes die Menge des aufzuwendenden Leitungsmaterials dem Gewichte nach bei Aluminium keinesfalls größer als bei Kupfer, wobei allerdings Voraussetzung ist, daß die Beanspruchung in mechanischer Beziehung, also auf Bruchfestigkeit, nicht zu hoch wird, da in dieser Beziehung das Aluminium dem Kupfer unterlegen ist. Von besonderem Vorteil gegenüber der Verwendung des Kupfers ist die durch Aluminium zu erreichende geringere Belastung der Maste und Isolatoren. Für in der Erde verlegte Leitungen kommt naturgemäß das Aluminium wegen seiner größeren Angreifbarkeit durch Feuchtigkeit weniger in Betracht, gewisse Schwierigkeiten haben sich auch bisweilen herausgestellt, wenn es sich darum handelte, die Drahtenden miteinander zu verbinden, da das Aluminium sich nicht löten läßt; jedoch wird diese Schwierigkeit bei nicht zu dünnen Drähten durch Anwendung der Schweißung überwunden. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß elektrische Maschinen mit Wicklungen aus Aluminiumdraht nur einen um 0,5 bis 0,2 % geringeren Wirkungsgrad haben als die mit Kupferwicklungen, dabei ist der Preis — Friedensverhältnisse vorausgesetzt — noch um 3 % geringer. Auch für Schaltbrett- und Verteileranlagen, ferner für Stromabnehmerbügel bei elektrischen Bahnen wird Aluminium verwandt.

In der chemischen Industrie, insbesondere im Brauereigewerbe, in Molkereien und in der Farbenfabrikation hat sich Aluminium in den letzten Jahren für Kessel und Mischgefäße sehr gut eingeführt.

Die angenehme weiße Farbe hat es nicht an Versuchen fehlen lassen, das Aluminium als Überzug für andere Metalle, insbesondere auch als Rostschutz für Eisen zu verwenden. Die Herstellung derartiger Überzüge geschah entweder auf galvanischem Wege oder durch Eintauchen der zu behandelnden Gegenstände in geschmolzenes Aluminium oder endlich durch das sogenannte „Kalorisieren". Dies letztere Verfahren besteht darin, daß die betreffenden Gegenstände in einem Gemisch aus Aluminiumpulver und Aluminiumoxyd erhitzt werden, Kupfer beispielsweise auf etwa 800 °, Stahl auf 950 °. Infolge der Angreifbarkeit des Aluminiums selbst durch Luftfeuchtigkeit haben allerdings diese Verfahren eine große Bedeutung nicht gewonnen. Dagegen ist wichtig die Verwendung des Aluminiums in Form von dünner Folie (Blattmetall) und feinem Pulver (Bronzepulver) zur Herstellung silberähnlicher Überzüge auf Holz, Papier und Leder, wo an die chemische Angreifbarkeit von vornherein geringe Ansprüche gestellt werden.

War bei den bisher behandelten Verwendungszwecken meist das geringe spezifische Gewicht, also eine physikalische Eigenschaft das Ausschlaggebende, so ergibt sich weiter ein großes Verwendungsgebiet, welches sich begründet auf einer chemischen Eigenschaft, der großen Verwandtschaft des Aluminiums zum Sauerstoff, die ja in seinem nicht sehr großen Widerstand gegen korrodierende Einflüsse sich kundgibt und für die oben gekennzeichneten Verwendungszwecke teilweise gerade von Nachteil war.

Infolge seiner großen Neigung zur Oxydation hat das Aluminium eine außerordentlich starke

Fähigkeit, Oxyde anderer Metalle zu reduzieren. Bei der Herstellung und beim Gießen des Stahls wird daher Aluminium in kleinen Mengen (weniger als 0,1 %) dem flüssigen Metall zugesetzt, wodurch der darin enthaltene Sauerstoff gebunden und ein dichter, weniger lunkernder und steigender Stahl erzielt wird. In dieser Beziehung ist das Aluminium in der modernen Stahlgießerei unentbehrlich geworden. Neuerdings wird es auch beim Guß anderer Metalle, insbesondere von Kupfer, Nickel sowie deren Legierungen in der gleichen Weise verwandt, wobei noch von Bedeutung ist, daß in manchen Legierungen ein etwa darin verbleibender Rest von Aluminiummetall die Festigkeitseigenschaften verbessert.

Auf der gleichen Grundlage beruhend, aber von noch größerer Bedeutung geworden ist die Verwendung des Aluminiums in der sogenannten Aluminothermie.

Die Grundlage dieses von Dr. *Goldschmidt* in die Technik eingeführten Verfahrens ist folgende: Bringt man ein Gemisch aus zerkleinertem Aluminium und dem Oxyd eines schwerschmelzbaren Metalles — besonders der Eisengruppe — zur Entzündung, so brennt es ohne äußere Wärmezufuhr weiter, wobei das Aluminium unter Reduktion des betreffenden Metalloxydes zu reinem Metall in die Form von Aluminiumoxyd übergeht. Bei diesem Prozeß wird eine außerordentlich hohe Wärme entwickelt — schätzungsweise 3000 °. Von dem Prozeß wird in der Technik in verschiedenster Weise Gebrauch gemacht. Zunächst gestattet er, die Metalle der Eisengruppe, Chrom, Mangan, sowie Titan, Wolfram, Molybdän und Vanadin und deren Legierungen mit Eisen in sehr einfacher Weise herzustellen, wobei noch von Bedeutung ist, daß die Metalle in kohlefreiem Zustand erhalten werden. Die genannten Metalle und Eisenlegierungen haben ihrerseits große Wichtigkeit in der Herstellung von Edelstählen (Spezialstählen) für konstruktive Zwecke und für hochbeanspruchte Werkzeuge. Das Gemisch des Aluminiums mit dem billigen Eisenoxyd, als Thermit bezeichnet, wird ferner verwandt zur Erzeugung sehr hoher Temperaturen, insbesondere naturgemäß, wenn es sich darum handelt, verhältnismäßig kleine Stellen auf sehr hohe Wärmegrade zu bringen. Es spielt daher das „Thermitverfahren" eine sehr große Rolle bei Schweißungen von Stahl und Eisen. Hierbei wird das Thermit häufig nicht allein als Wärmequelle benutzt, sondern es wird auch so verfahren, daß das bei der Reaktion entstehende metallische Eisen als Umhüllungs- oder Füllmaterial für die Schweißstelle gebraucht wird. Eine gewisse Erweiterung kann dies noch finden dahin, daß überhaupt ganze Stücke Eisen, aus Thermit gewonnen, an zu Bruch gegangene Wellen, Zylinder usw. mittels des Verfahrens angesetzt werden.

Auch das beim Thermitprozeß entstehende Aluminiumoxyd, als künstlicher Korund oder Corubin bezeichnet, findet Verwendung, es zeichnet sich durch hohe Härte, gute Schleiffähigkeit und Feuerfestigkeit aus; besonders wichtig ist sein Gebrauch zu Schleifscheiben.

Von der unter hoher Wärmeentwicklung vor sich gehenden Oxydation des Aluminiums wird ferner auch Gebrauch gemacht in der Sprengstoffindustrie, wo Aluminiumpulver zur Herstellung des Ammonals, eines Sprengstoffes, dient; auch in der Feuerwerkerei wird Aluminiumpulver für Leuchtsätze gebraucht, ebenso werden Blitzlichtpulver mit Aluminiumzusätzen hergestellt (ähnlich wie mit Magnesium).

In der organischen Chemie dient Aluminium als Reduktionsmittel in der Weise, daß es mit Quecksilber behandelt wird, es zersetzt dann Wasser unter Freimachung von Wasserstoff.

Die technische Bedeutung, die das *Magnesium*metall erlangt hat, steht wesentlich hinter der des Aluminiums zurück, insbesondere kann von einer Verwendung für konstruktive Zwecke, die bei Aluminium recht beträchtlich ist, bei Magnesium erst gesprochen werden seit dem Kriege, wo es infolge des zu Anfang drohenden Mangels an Aluminium als Ersatzmetall für dieses in Betracht gezogen und auch verwendet wurde. Magnesium ist zwar noch wesentlich leichter als Aluminium und würde daher gerade für den Luftschiff- und Flugzeugbau ein sehr geeignetes Material abgeben, dem steht jedoch entgegen sein viel geringerer Korrosionswiderstand. Im reinen Zustande kommt Magnesiummetall für konstruktive Zwecke nicht in Betracht, da seine Festigkeitseigenschaften nicht genügen; Versuche, eine hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften und des Korrosionswiderstandes genügende Magnesiumlegierung auf den Markt zu bringen, sind der Gegenstand sehr umfangreicher und langandauernder Arbeiten, insbesondere der Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron gewesen; die Versuche dieser Firma wurden auch im Kriege bis zu einem gewissen Maße von Erfolg gekrönt.

Das wesentliche Moment bei der Herstellung der von der Firma als „Elektronmetall" bezeichneten Magnesiumlegierungen liegt allerdings weniger in der Art der Legierungszusätze als vielmehr in der Vorbehandlung des Magnesiummetalles. Dies enthält nämlich, da sein spezifisches Gewicht sich nur wenig von dem des Salzes unterscheidet, aus dem es auf elektrolytischem Wege gewonnen wird, verhältnismäßig große Mengen von Salz als Verunreinigung — diese eingeschlossenen Salzpartikeln aber geben in bedeutendem Maße Anlaß zu Korrosionserscheinungen, wenn Feuchtigkeit auf das Metall einwirkt. Nach einem der Firma patentierten Verfahren wird daher das Magnesiummetall nach seiner Herstellung durch besondere Schmelzprozesse — zum Teil unter Durchleiten von Wasserstoff — von diesen Salzverunreinigungen befreit und dann mit den Zusatzmetallen, die je nach dem Zweck der Legierung verschieden sind, versehen — meist dürften

Zink oder Aluminium die in Frage kommenden Zusätze sein.

Das so gewonnene Elektronmetall läßt sich unter Beobachtung gewisser Vorsichtsmaßregeln — es neigt naturgemäß zum Brennen — gießen und vor allem auf der Stangpresse zu Stangen verarbeiten. Aus den Stangen lassen sich dann durch einen weiteren Preßvorgang Formkörper herstellen. Der Walzbarkeit des Elektronmetalles scheinen sich dagegen noch Schwierigkeiten entgegenzustellen.

Das spezifische Gewicht des Elektronmetalles ist 1,8, der Schmelzpunkt etwa 620 °. Im gegossenen Zustande weist es eine Zerreißfestigkeit von 14 bis 16 kg/qmm bei 3 bis 4 % Dehnung auf, als Preßmaterial erreicht es Festigkeiten von 25 bis 35 kg/qmm bei Dehnungen von 18 bis 10 %. Die Bearbeitbarkeit mit schneidenden Werkzeugen z. B. auf der Drehbank ist recht gut, da das Material keine Neigung zum Schmieren zeigt und schöne glatte Flächen ergibt.

Der Widerstand gegen korrodierende Einflüsse ist zwar besser als der irgend einer anderen bekannt gewordenen Magnesiumlegierung, immerhin aber ist das Material in mancher Beziehung noch recht empfindlich. Beim Lagern an der Luft überzieht es sich mit einer grauen Oxydschicht, die das Metall vor weitergehender Korrosion schützt. Auch in Wasser (Leitungs- oder destilliertem) bildet sich dieser Überzug, manche Legierungen zeigen aber bei unmittelbarem Einfluß von Wasser doch auch schon beträchtliche Anfressungen, Seewasser ist der größte Feind des Elektronmetalls, es wird durch dessen Einwirkung vollständig zersetzt. Säure greifen das Metall stark an, insbesondere ist es auch wenig widerstandsfähig gegen organische Säuren, eine Verwendung für Haushaltszwecke kommt daher für das Elektronmetall nicht in Betracht.

Während des Krieges fand das Elektronmetall eine recht weitgehende Verwendung als Material für die Herstellung von Zünderkörpern für Artilleriegeschosse; eine umfangreichere Verwendung auch in der Zukunft dürfte wohl in größerem Maße deshalb nicht stattfinden, weil das unstreitig ihm gegenüber manche Vorzüge aufweisende Aluminium uns in genügend großer Menge zur Verfügung steht.

Reines Magnesiummetall fand während des Krieges gelegentlich Verwendung als Material für Leitungsschienen für elektrische Anlagen.

Die übrige Verwendung des Magnesiummetalles beruht darauf, daß es verhältnismäßig leicht entzündlich ist und bei der Verbrennung (zu MgO) ein sehr helles weißes Licht gibt; die ausgesandten Strahlen sind chemisch sehr wirksam. Es ist daher ein wichtiges Material geworden für die Photographie bei künstlichem Licht. Die normalen Blitzlichtpulver sind meist Gemenge aus Magnesiumpulver und einem stark Sauerstoff abgebenden Salze (Kaliumchlorat z. B.). Ebenso wird Magnesiummetall mit Vorliebe verwandt in der Feuerwerkerei zur Herstellung von Leuchtsätzen. Ebenso wie Aluminium dient es endlich als Reduktionsmittel beim Metallschmelzen, insbesondere bei Kupfer und Kupferlegierungen.

Seiner Verwendung als Zusatz zu Aluminium zur Herstellung wichtiger Legierungen dieses Metalles wurde bereits bei der Besprechung des Aluminiums gedacht.

Von den übrigen Leichtmetallen haben eine Bedeutung für die Technik nur gewonnen das Natrium und die Erdalkalimetalle. Ihre geringe Beständigkeit schon bei der Einwirkung der Luft und der Luftfeuchtigkeit macht sie unfähig, irgendwie zu konstruktiven und dergleichen Zwecken verwandt zu werden, ihre große Reaktionsfähigkeit hat ihnen nur gewisse chemische Anwendungen vermittelt. So hat es auch nicht an Versuchen gefehlt, das Calcium als Reduktionsmittel in der Metallgießerei einzuführen, einen besonderen Erfolg scheinen diese Versuche aber nicht gehabt zu haben.

Besonders zu gedenken ist noch der Verwendung der Metalle Natrium, Calcium und Barium als Zusätze zum Blei zum Zwecke der Härtung dieses Metalles. Bei der Knappheit an Antimon, die im Kriege bei uns eintrat, war die Herstellung genügender Mengen des wichtigen Hartbleis (für Geschosse, Schrapnellkugeln, Lager im Maschinenbau) sehr in Frage gestellt. Zur Aushilfe griff man auf die an sich bereits länger bekannte Tatsache zurück, daß der Zusatz von Natrium — sowie auch von Magnesium — eine stark härtende Wirkung auf das Blei ausübt, bereits wenige Prozente genügen, um eine gleiche Wirkung zu erzielen, wie die von etwa 15 % Antimon. Allerdings zeigte sich auch, daß diese Legierungen recht wenig korrosionsbeständig waren und daß außerdem beim Umschmelzen die Leichtmetalle zum Ausseigern und zum Herausbrennen aus der Legierung neigten. Nach neueren Feststellungen von *Goebel*[1]) soll bei Natrium-Blei-Legierungen die Korrosionsbeständigkeit (und auch die Zähigkeit) durch einen gleichzeitigen Zusatz von Quecksilber erhöht werden, ferner wurden auch Calcium- und Barium-Blei-Legierungen auf den Markt gebracht, die insbesondere zu Lagerzwecken sich besser eignen sollen als die Natrium-Blei-Legierungen. Immerhin dürfte das Kriegsende auch der Verwendung dieser Ersatzlegierungen ein Ziel setzen.

Umfangreiche technische Bedeutung wird daher in Zukunft wie vor dem Kriege wohl nur das Aluminium behalten. Allerdings werden wohl andererseits die teilweise recht hoch gespannten Erwartungen, die man während des Krieges wieder in dies Metall setzte, nicht restlos erfüllt werden. In manchen Kreisen wurde nämlich sehr der Gedanke gepflegt, daß das Aluminium in Deutschland berufen sei, in weitem Maße einen Ersatz

[1]) Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1919, S. 424.

des Kupfers darzustellen und uns — da während des Krieges in Deutschland mehrere Aluminiumfabriken gebaut wurden — daher in bezug auf die Metallversorgung sehr weitgehend vom Ausland unabhängig zu machen —, Gründe wirtschaftlicher Natur, die mit dem Ausgang des Krieges zusammenhängen, werden dies aller Voraussicht nach verhindern.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Über asymmetrische Entwicklung und Situs inversus viscerum bei Zwillingen und Doppelbildungen. Die Frage, ob die Entwicklung des einfachen Keims zur Vielgestaltigkeit des fertigen Tieres schließlich erklärbar sei aus dem Vorhandensein besonders vorbestimmter Keimbezirke oder nur beruhe auf einer mechanisch und physiologisch bedingten, divergenten Entwicklung ursprünglich indifferenter und gleichwertiger Elemente, ist noch immer eine der wichtigsten in der Embryologie. Trotz zahlreicher Untersuchungen und Spekulationen, die teils einen der beiden Standpunkte als richtig erweisen wollten, teils eine Vermittlung zwischen beiden anstrebten, kann man von einer restlosen Klärung der Frage noch nicht sprechen. Als besonders fruchtbar haben sich für diesen Forschungszweig experimentelle Untersuchungen erwiesen[1]). Indem man die Bedingungen der Entwicklung durch operative Eingriffe künstlich veränderte, konnte durch Beobachtung der hierdurch bewirkten Abweichungen mancher wertvolle Schluß gezogen werden auf die Bedingungen und Ursachen der normalen Entwicklung, in derselben Weise, wie die vergleichende Embryologie aus der Verschiedenheit homologer Vorgänge in der Entwicklung verschiedener Tiere auf diese Vorgänge selbst und ihre Ursachen schließen kann. — Einen wertvollen Beitrag zu diesen letzten Fragen organischen Geschehens liefert die Arbeit von *Spemann* und *Frankenberg:* „Über asymmetrische Entwicklung und Situs inversus viscerum bei Zwillingen und Doppelbildungen" (*Archiv für Entwicklungsmechanik* Bd. *45*, 3. Heft. 1919).

Unter Situs inversus versteht man bekanntlich die bisweilen beobachtete spiegelbildliche umgekehrte Lage (Inversion) aller oder einzelner asymmetrischer Eingeweide (z. B. Herz, Magen, Leber). Nicht selten findet sich diese inverse Lage bei Zwillingen. Die Verfasser der genannten Arbeit suchten nun zunächst klarzustellen, ob dieses Auftreten der Inversion bei Zwillingen eine zufällige Erscheinung sei. Sie experimentierten mit Eiern und Embryonen des Wassersalamanders (Triton taeniatus), bei denen sie Zwillingsbildungen künstlich erzeugten, indem sie die Keime auf jungen Stadien längs durchschnürten. Die zu Vollembryonen regenerierten Hälften zeigten je nach dem Alter des Keimes bei der Durchschnürung eine bald geringe bis unmerkliche, bald stärkere Asymmetrie, die sich stets als eine Verkümmerung der „Innenseite" (also beim linken Zwilling der rechten, beim rechten der linken Seite) und einer nach der Innenseite konkaven Krümmung äußerte. Häufig erfolgte bei ganz jungen Keimen trotz anfangs deutlicher Asymmetrie ein späterer Ausgleich. Die Verkümmerung betraf im einzelnen Fall keineswegs alle Organe (Bein, Kiemen, Auge) in gleichem Maße, auch nahmen an der Krümmung nicht alle Teile des Rumpfes gleichmäßig teil. Die verkümmerten Teile waren normal, nur kleiner und in der Entwicklung weiter zurück als die der anderen Seite. *Spemann* erblickt die Ursache dieser letzten Erscheinung in der Kleinheit selbst, nicht aber wie andere Forscher (*Driesch*) in dem Zeitverlust, der durch die Ergänzung des halbierten Keimes zu einem ganzen bedingt ist.

Die auffallendste Erscheinung aber an den Zwillingen ist die, daß ein großer Teil von ihnen tatsächlich einen inversen Situs zeigte, und zwar betraf die Inversion mit ganz wenigen Ausnahmen den rechts gelegenen Zwilling, während der linke einen normalen Situs zeigte (Magen links, Leber rechts, vorderste Darmschlinge links dorsal). *Falkenberg* fand unter 25 linken Zwillingen einmal eine inverse Lage des Herzens, unter 30 rechten 12 einwandfreie Inversionen von Herz und Darm. *Spemann* konstatierte bei 12 Exemplaren mit künstlich erzeugter Duplicitas anterior (Verdoppelung des Vorderendes) an den Organen des Vorderendes links überall normalen Situs, rechts 10-mal Inversion.

Da angesichts dieser Zahlen ein kausaler Zusammenhang zwischen der Inversion und der Zwillingsbildung angenommen werden mußte, handelte es sich nun darum, diesen aufzudecken. Die Ursache der normalen (typischen) Asymmetrie der Eingeweide muß spätestens im befruchteten Ei vorhanden sein. Ob die Eistruktur oder die Einwirkung des Samenfadens ihr zugrunde liegt, ist hier von untergeordneter Bedeutung. Wichtig ist dagegen die Frage, ob die Anlage zur Asymmetrie allen von dieser betroffenen Organen eigen ist oder nur einzelnen, die dann erst die Lagerung der anderen beeinflussen. Experimente haben ergeben, daß ein Eingriff, der direkt nur die Inversion *eines* Organes bedeutete, auch eine solche benachbarter Teile nach sich zog. Es beweist dies zum mindesten, daß eine Beeinflussung überhaupt stattfinden kann. Welche Ursachen können aber nun bewirken, daß diese Anlage zur normalen Asymmetrie einer anderen Platz macht, die eine spiegelbildlich entgegengesetzte Lagerung der Organe hervorruft? Schon früher hatte *Conklin* (1903) die Entwicklung von Schnecken untersucht, deren Asymmetrie sich ja schon äußerlich durch die — meist rechtsgewundene — Schale zu erkennen gibt. Linkswindung der Schale, also Inversion, ist relativ recht selten. Genannter Forscher kam zu dem Schluß, daß im letzten Falle eine Art Strukturumkehr im Ei als Ursache anzusehen sei, die durch eine Umkehr der Pole im Ei hervorgerufen würde. *Spemann* widerspricht nun zunächst der Folgerung *Conklins,* daß in dessen Befunden ein Beweis für die Existenz sogenannter „organbildender Keimbezirke" zu sehen sei, da „aus der inversen Entwicklung nichts gefolgert werden könnte, was sich nicht auch aus der normalen ergibt". Ferner versagt auch die Erklärung *Conklins* völlig bei Zwillingen und Doppelbildungen, da ja die Durchschnürung der Keime kaum eine Umkehr der Eipole, keinesfalls nur bei der einen Hälfte, bewirken kann. Vielmehr ist nach *Spemann* die Inversion lediglich eine Folge der erwähnten Verkümmerung der „Innenseite". Nach den erwähnten Experimenten würde eine an einer Stelle bewirkte Inversion eine solche an sämtlichen asymmetrischen Eingeweiden sehr wohl nach sich ziehen können. Nehmen wir nun etwa an, daß die Verkümmerung der Innenseite am Darm ebenso wie am Rumpf eine nach innen konkave Krümmung

[1]) Vergl. den Aufsatz von *H. Spemann,* Experimentelle Forschungen zum Determinations- und Individualitätsproblem in Heft 32.

hervorriefe, so würde eine solche an dem linken Zwilling mit der normalen Krümmung des Darmes gleichsinnig sein, an dem rechten dagegen dieser entgegengesetzt, sie also teilweise oder ganz aufheben oder sogar in ihr Gegenteil verkehren. Damit wäre aber eine zunächst partielle Inversion geschaffen, die eine totale Inversion zur Folge haben kann, da die Asymmetrie des Darmes auch in der normalen Entwicklung zuerst deutlich wird und, wie die genannten Versuche beweisen, einen bestimmenden Einfluß auf die Lage anderer Eingeweide haben kann. Nach der Erklärung *Spemanns*, die außerordentlich einleuchtend ist, wäre allerdings zu erwarten, daß man außer den Fällen ausgesprochener Inversion auch zahlreiche, vielleicht sogar häufigere Fälle einer „mittleren" Lagerung der asymmetrischen Eingeweide finden würde. Außer einigen wenigen als unklar bezeichneten Befunden wird jedoch davon in der vorliegenden Arbeit nichts erwähnt. —

Mit großem Interesse darf man die Ergebnisse der noch im Gang befindlichen neuen Versuche *Spemanns* erwarten. Sie bestehen darin, daß je eine rechte und eine linke Hälfte verschiedener Keime miteinander verheilt werden, von denen der eine von Triton taeniatus stammt, der andere von einem Bastard (Tr. taeniatus ♀ × Tr. cristatus ♂). Da die Bastarde ein schnelleres Wachstum besitzen, so müßte, wenn wirklich eine relative Verkümmerung der einen Seite und die daraus folgende Krümmung die Ursache der Inversion ist, bei einem Teil der zusammengesetzten Larven Inversion eintreten, dann nämlich, wenn die rechte Hälfte einem rascher wachsenden Bastard angehört. *L. Glaesner.*

Der Metopismus am menschlichen Schädel. Die persistierende Stirnnaht (Metopismus) ruft am Schädel des Menschen bestimmte Veränderungen hervor. Vor allem hat der metopische Schädel größere Breitendimensionen als der normale, im Mittel 5—8 mm mehr in der Gegend der kleinsten Stirnbreite. Auch die Umfänge und speziell der horizontale Stirnbogen pflegen 9—11 mm größer zu sein. Ferner geht die Kapazität metopischer Schädel in der Regel über das Mittelmaß hinaus. Die Stirnhaut obliteriert auch nicht, wie es scheint, im Alter; denn sie war bei 70- und sogar 79-jährigen Individuen noch vorhanden.

Untersuchungen an männlichen und weiblichen Schädeln bringen mich zu der Überzeugung, daß der Metopismus den Bau des männlichen Schädels stärker beeinflußt als denjenigen des weiblichen, der von vornherein in der Frontalgegend eine größere Wölbung besitzt. Die Stirnbeinwölbung der Frau ist absolut größer als die männliche. Wenn also bei einem normal ausgebildeten männlichen Schädel eine Stirnnaht die Steilstellung des Stirnbeins, ähnlich wie bei der Frau, bewirkt, so vergrößert sich der männliche Schädel dementsprechend in stärkerem Maße als der weibliche. In dieser Hinsicht wäre die große sexuelle Differenz metopischer Schädelkapazitäten zu verstehen.

Über das Zustandekommen des Metopismus ist nicht viel bekannt; daß es sich um einen Neuerwerb handelt, ist sicher. Denn bisher ist keine Stirnnaht bei den höheren erwachsenen Primaten und ebensowenig bei prähistorischen Schädeln gefunden worden[1]). Sie ist auch bei primitiven Völkern seltener als beim Kulturvolk. Während sie beim Kongoneger in 1 % auftritt, findet sie sich beim Deutschen nach *Welcker* in 12 %. Ein Zusammenhang mit der zunehmenden Brachykephalie ist zweifellos. Diese Tatsache läßt sich rein mechanisch aus zwei Ursachen erklären, einmal durch die Zunahme des Stirnhirns und dann durch Herabsetzung des Gegendrucks der Kopfmuskeln. Dieser Vorgang wird uns phylogenetisch sofort klar, wenn wir z. B. die enormen durch die Kaumuskulatur hervorgerufenen Knochenvorsprünge am Schädel eines Orang-utan oder Gorilla mit der relativ glatten Oberfläche eines menschlichen Schädels vergleichen. Je mehr sich Homo und die großen Anthropomorphen ihren Lebensweisen anpaßten, um so mehr mußten sich folgerichtig die Schädelformen modifizieren und voneinander entfernen. Noch heute besteht die Streitfrage, ob wir es bei Pithecanthropus erectus mit einer frühen Menschenform oder einer ausgestorbenen Hylobatidenart zu tun haben, Fragen, die auch *Virchow* dazu führten, den Neandertalenschädel als eine pathologische Form zu erklären. Letzten Endes stand die gemeinsame Stamm- und Grundform in beiden Fällen den Anthropomorphen sehr nahe, daß man mit gutem Recht im Zweifel sein konnte, welche Art Primaten oder ob man, mit dem neuzeitlichen Schädel verglichen, gar menschliche Kümmerformen vor sich habe.

Ebenso wie der Metopismus des menschlichen rezenten Schädels als Neuerwerb erscheint, ausgelöst durch den schwachen Gegendruck der Kaumuskulatur auf die Schädelwand, so daß das Hirn sozusagen in diesem Kampf um den Raum „Sieger" bleibt, werden im Gegensatz hierzu von *Schwalbe* die starken Knochenkämme des Gorilla als Neuerwerb aufgefaßt, bei welchem in genau umgekehrtem Verhältnis die gewaltige Kaumuskulatur das Schädeldach mechanisch in eine bestimmte Form zwingt, über die hinaus das Hirn des Gorilla an Ausdehnung nicht zunehmen kann. Dies erklärt, wie mir scheint, das völlige Fehlen einer Stirnnaht bei den großen Anthropomorphen und das häufige Vorkommen einer solchen an rezenten menschlichen Schädeln auf einer gewissen Kulturstufe. *Bolk, L.* (On Metopism, American Journal of Anatomy, Vol. 22, Nr. 1, Juli 1917) faßt diese Erscheinung in folgende Erklärung zusammen: Schädel, deren Temporalmuskel das Stirnbein frei läßt, haben eine persistierende Stirnnaht (Prosimier); bei höheren Primaten nimmt das Stirnbein teil an der Bildung der Temporalgrube und kein geringer Teil des Schläfenmuskels setzt an diesen Knochen an, sogar reicht der Muskel häufig bis zur Medianlinie des Schädels (Macacus, Gorilla), so daß nur ein kleines Dreieck vom Muskel frei bleibt. Beim Menschen hingegen ist das Stirnbein viel größer und die Oberfläche des Temporalmuskels relativ viel kleiner als bei den Affen, das Stirnbein außerdem über den Augenhöhlen viel steiler gestellt; dadurch fallen mechanische Hemmungen des Schläfenmuskels auf das Stirnbein weg und die Stirnnaht kann ebenso wie bei den Prosimiern, wenn auch unter ganz andern Bedingungen persistieren. Diese Auslegung genügt aber gegenüber den Tatsachen nicht

[1]) *Koumaris* erwähnt in einer soeben erschienenen Studie (Sur quelques variations des os des crânes grecs anciens, L'Anthropologie T. XXIX, 1918) das Vorkommen einer Stirnnaht bei antiken Griechen in 10,4 %, fügt aber hinzu, daß er unter „antik" Schädel versteht, die verschiedenen Zeiten, von der prähistorischen bis zur rezenten, angehören. Immerhin wäre dieser Neuerwerb bei dem so hochentwickelten Griechenvolk nicht undenkbar.

ganz, denn wir finden die gleichen Verhältnisse beim Neger wie beim hochkultivierten Weißen, wenn auch *Bolk* auf die stärkere Kaumuskulatur des Negers aufmerksam macht, die aber in keinem Verhältnis steht zu dem schon erwähnten geringen Vorkommen einer Stirnnaht bei den primitiven Rassen. *St. O.*

Die Rotverschiebung der Spektrallinien zur Prüfung der Einsteinschen Gravitationstheorie. Die von *Einstein* vorausgesagte Gravitationsverschiebung der Spektrallinien beruht unmittelbar auf der grundlegenden Hypothese der neuen Gravitationstheorie, der sogenannten Äquivalenzhypothese, und bildet deswegen einen der Grundpfeiler der neuen Theorie. Der nächstliegende Weg, um die Verschiebung nachzuweisen ist der, bestimmte Linien des *Sonnen*spektrums mit den entsprechenden Linien einer *irdischen* Lichtquelle zu vergleichen. Nach der Äquivalenzhypothese müßten die Linien im Sonnenspektrum gegenüber den entsprechenden irdischen Linien nach dem roten Ende des Spektrums hin um einen Betrag verschoben sein, der z. B. für eine Linie von 4000 Ångström (d. h. der Wellenlänge $\lambda = 0{,}4\ \mu$) 0,008 Ångström beträgt, d. h. 0,6 km, wenn man die Verschiebung als Dopplereffekt interpretiert.

Es war bisher nicht gelungen festzustellen, weder daß ein solcher Effekt vorliegt, noch daß er unzweifelhaft nicht vorliegt, und die bisherigen Messungen für Linien gleicher Herkunft zeigten für die gefundenen Verschiebungen eine völlig unerklärliche Verschiedenheit. *Grebe* und *Bachem* geben in einer soeben veröffentlichten Arbeit (Zeitschrift für Physik *1*, 51, 1920) eine Erklärung für die Ursache der bisherigen Mißerfolge. Das Ergebnis ihrer Arbeit ist kurz folgendes: *Es ist nicht erlaubt, jede Linie, die man im Sonnenspektrum und im Vergleichsspektrum als zusammengehörig erkennt, ohne weiteres zur Untersuchung zu benutzen.* Denn nahe beisammen liegende Linien beeinflussen einander in ihrer Wirkung auf die photographische Platte. Bei hinreichend großem gegenseitigem Abstand *verbreitern* sich die Linien nur in der Richtung zur Nachbarlinie hin, bei engerem Abstand aber *verschieben* sich die Maxima der Linien, bis schließlich beide (unter starker Vergrößerung ihrer Intensität) in eine einzige zusammenfließen. Die relativen Intensitätsverhältnisse und die Gestalten der Intensitätskurve brauchen aber, wie bereits früher nachgewiesen, im Absorptionsspektrum und im Emissionsspektrum keineswegs übereinzustimmen. Die entstehenden Konfigurationen können daher in beiden Spektren verschieden sein, und *die Messung der Verschiebung des einen Spektrums gegen das andere kommt dann falsch heraus.* *Grebe* und *Bachem* geben in ihrer Arbeit bestimmte Anhaltspunkte für die Reinheit der Linien, die man für die Verschiebungsmessung benutzen darf. Berücksichtigt man diese Kriterien nicht, so können ganz unkontrollierbare *scheinbare* Verschiebungen auftreten. Ihre Größe muß natürlich immer innerhalb der Linienbreite liegen, da es sich aber bei dem zu prüfenden Effekt gerade um Größenordnung dieser Art handelt, so wird die Forderung, auf jene Kriterien für die Reinheit der Linie zu achten, vollkommen verständlich. Eine zu benutzende Linie soll obwohl im Sonnenspektrum wie im Vergleichsspektrum hinreichend weit von Nachbarlinien entfernt sein, und die Linie selbst muß durch vollkommen symmetrisches Aussehen dokumentieren, daß sie nicht durch Überlagerung mehrerer anderer entstanden ist. Unter Benutzung der aufgestellten Kriterien bleiben für die Untersuchung der Verschiebung von 36 bereits früher von *Grebe* und *Bachem* untersuchten Linien, der sogen. Cyanbande, nur noch 9 einwandfreie Linien übrig. Sie sind mit der von *Grebe* und *Bachem*, von *Schwarzschild*, von *St. John* und von *Evershed* und *Royds* gemessenen Verschiebung Sonne gegen Erde in einer Tabelle in der Originalarbeit zusammengestellt. Der prinzipielle Unterschied gegenüber den bisherigen Untersuchungen besteht darin, daß die gewonnenen Spektren der Sonne und der Bogenlampe mit Hilfe eines Kochschen Mikrophotometers analysiert wurden.

Mit Ausnahme der Messung von *St. John* geben alle diese Messungen Werte, welche dem Einsteinwert entsprechen. Die Verfasser schließen ihre Arbeit mit den Worten: *Diese Untersuchung zeigt, daß die Einsteinsche Gravitationsverschiebung im Sonnenfelde sowohl der Richtung wie auch der Größe nach wirklich vorhanden ist.*

Berichte gelehrter Gesellschaften.

Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften zu Marburg.

Sitzung vom 23. Oktober 1918.

Prof. Dr. *A. Gürber:* **Über den Wert der Konzentrationsschwelle als Geschmacksmaß.** Die Annahme, daß das Saccharin 500-mal süßer sei als der Zucker, weil seine Konzentrationsschwelle bei 1 : 50 000, die des Zuckers dagegen bei 1 : 100 liege, ist nicht zutreffend. Denn vergleicht man eine Saccharinlösung von 1 : 10 000 mit einer Zuckerlösung von 5 : 100, so sind jetzt nicht mehr, wie es sein müßte, wenn die obige Annahme richtig wäre, beide Lösungen gleich süß, sondern die Zuckerlösung schmeckt viel süßer. Der Saccharinlösung von 1 : 10 000 entspricht in gleicher Süße eine Zuckerlösung von nur 1 : 28, das Saccharin wäre somit bei dieser Konzentration nur mehr 350-mal so süß als Zucker, und je stärker man die Saccharinlösung macht, um so mehr nimmt seine relative Süße gegenüber dem Zucker ab. In einpromilliger Lösung ist das Saccharin nur mehr 100-mal süßer als der Zucker.

Prof. Dr. *F. B. Hofmann:* **Zur Theorie des Geruchssinnes.** Der Vortragende hatte vor zwei Jahren nach einem schweren Katarrh sein Geruchsvermögen zunächst fast ganz verloren. Als es dann wiederkehrte, war der Geruch der meisten Stoffe nicht mehr der normale, sondern ein durchaus andersartiger, ihm bisher unbekannter. In einigen Fällen änderte sich der Geruch einer Substanz im Laufe der Zeit durch Hinzutreten einer neuen Komponente und näherte sich dadurch mehr dem normalen. Der Vortragende nimmt an, daß chemisch einheitliche Substanzen nicht eine einzige, sondern gleichzeitig mehrere Arten von Geruchsnerven erregen und erklärt seine Anomalie durch den Wegfall eines Teiles der Geruchsnervenarten. Die erwähnte Annahme macht auch manche Erscheinungen des normalen Geruchssinnes leichter verständlich.

Sitzung vom 13. November 1918.

Herr Löhlein: **Über das kausale Denken in Medizin und Biologie.** Der Vortragende wendet sich in Verfolg früherer Mitteilungen erneut gegen die von *Verworn, v. Hansemann* u. a. verfochtenen Anschauungen, nach denen das „schädliche" kausale Denken durch das konditionale ersetzt werden soll. Er lehnt die „energetische" Auffassung des Ursachenbegriffs im Sinne des Satzes causa aequat effectum, wie sie von *Hueppe, Martius* u. a. vertreten wird, ab, zugunsten einer von *Rob. Mayer* ausdrücklich zugelassenen Auffassung, die im wesentlichen auf die Identifizierung von Ursache und „auslösendem Moment" hinausläuft. Die Anwendung der Überlegungen auf die Medizin zeigt ihren Nutzen für die Behandlung der Probleme der Krankheits- und Todesursachen. In Hinsicht auf die letzteren muß man schärfer, als gewöhnlich geschieht, zwischen *physiologischem* Tod, der als eine Phase der individuellen Entwicklung einer Ursache nicht bedarf, und *pathologischem* Tod (Trauma, Gift) unterscheiden.

Zu dem Vortrage von Herrn *M. Löhlein* bemerkt Herr *F. Richarz* zustimmend in Ausführung einer speziellen Betrachtung folgendes. Man kann sagen: ein Körper fällt *allemal, wenn er losgelassen wird,* infolge der Anziehungskraft der Erde, oder weil sich Energie der Lage in Energie der Bewegung verwandelt. Die beiden letzteren Ausdrucksweisen sind dem Wesen nach identisch und nur verschiedene Formulierung. Dem Nachsatz, daß der Körper, wenn die Veranlassung gegeben ist, aus den angegebenen Gründen fällt, liegt ein allgemeines Naturgesetz zugrunde, und alle diese Fälle würden, abgesehen von der jedesmaligen Veranlassung betrachtet, nichts individuell wesentlich verschiedenes haben. Das würde die Betrachtung sein für die Kausalität von Vorgängen, bei denen nicht ein Einzelgeschehnis betrachtet wird, sondern eine Generalisierung: Die Körper fallen. Die *Veranlassungen* sind jedesmal verschieden, daß nämlich der Körper losgelassen wird, oder auch, daß er in die Höhe geworfen würde und, nachdem er den Höhepunkt erreicht hat, wieder herunterfällt. Solche spezielle Überlegungen, die die Auslösungen ins Auge fassen, wodurch der Fall herbeigeführt wird, bringen kein Naturgesetz zum Ausdruck. Hier ist die Veranlassung als dasjenige Ereignis bezeichnet, welches die Ursache in dem besonderen Falle ist. Selbstverständlich kommt es in den weitaus meisten konkreten Fällen auf die letztere Frage an, was speziell die *Veranlassung* gewesen ist, während die Untersuchung des Naturgesetzes nur eine allgemeine rein wissenschaftliche theoretische Aufgabe ist.

Sitzung vom 19. Februar 1919,

in Gemeinschaft mit dem Verein für hessische Landeskunde und Geschichte.

Archivdirektor Geheimrat Dr. *Küch* sprach über **Vorgeschichtliche Siedelungen in der Umgebung Marburgs** und gab zugleich einen Bericht über die durch den Geschichtsverein unter Leitung von Professor Dr. *Wolff* unternommenen, aber auch durch die Naturwissenschaftliche Gesellschaft und einige Privatpersonen unterstützten prähistorischen Forschungen während der Jahre 1915—1918. Der Vortragende knüpfte an zwei Fälle an, in denen sich auch die Naturwissenschaften in Marburg mit solchen Problemen beschäftigt hatten. In dem einen, fünfzig Jahre zurückliegenden handelte es sich um den sog. „Opferstein" (die „Milch- und Weckschüssel") bei Moischt, im andern um eine eisenzeitliche Siedelung vor Ockershausen, die vor etwa zwölf Jahren entdeckt wurde. Nachdem dann die geologischen Vorbedingungen für die Besiedelung namentlich auf der linken Lahnseite skizziert waren und auf die Bedeutung der basaltischen Erhebungen des Frauenbergs und des Stempels als Zufluchtsstätten (Fluchtburgen) hingewiesen war, wurden zunächst die prähistorischen Wege behandelt, vor allem der Fernweg der Weinstraße (= Wagenstraße) auf der Westseite der Lahn und der bei Fronhausen von ihm abzweigende, über Bellnhausen und das Ebsdorfer Köpfchen dem Ostrande der Lahnberge entlang nach Norden ziehende sog. Balderscheider Weg, in dessen Umgebung hauptsächlich sich die vorgeschichtlichen Siedelungen und Grabstätten befinden. An der Hand zahlreicher Lichtbilder wurden dann die Resultate der Ausgrabungen besprochen, und zwar zunächst die steinzeitlichen Wohnhütten bei den Frauenberghöfen, dann die Grabhügel und Urnenfelder aus der Bronze- und Eisenzeit.

Sitzung vom 7. April 1919.

F. A. Schulze: **Bestimmung der oberen Hörgrenze mittels elektrischer Schwingungen** (nach Versuchen mit *O. Feußner*). Unter Benutzung der neueren Erzeugung ungedämpfter elektrischer Schwingungen mittels der Liebenröhren und des Heterodynempfanges durch Überlagerung zweier in der Schwingungszahl einander naher Schwingungen, die im Telephon einen Ton gleich der Differenz der beiden Einzelschwingungszahlen geben, wurde durch allmähliches Verändern des einen Schwingungskreises (durch Drehkondensatorverstellung) gegen den konstant bleibenden ersten Kreis die Tonhöhe im Telephon von tiefen Tönen beginnend bis über die obere Hörgrenze gesteigert. Diese konnte so, wenn die beiden Schwingungskreise anderweitig geeicht waren, bestimmt werden. Es ergaben sich als obere Hörgrenze in Übereinstimmung mit mannigfachen neueren Bestimmungen je nach dem Lebensalter obere Hörgrenzen zwischen 20 000 und 12 000 Schwingungen. Auch Unterschiede des rechten und linken Ohres sowie Herabsetzung der oberen Hörgrenze durch Ermüdung ließ sich feststellen. Die Resultate sind in voller Übereinstimmung mit den Ergebnissen der ausführlichen Versuchsreihen, die *M. Gildemeister* mittels der ungedämpften Schwingungen des Poulsonlichtbogens bereits im vorigen Jahr angestellt hat.

A. Wegener: 1. **Über Luftwiderstand bei Meteoren.** *Schiaparelli* hat die Verzögerung der Meteoriten als Funktion des Luftdruckes berechnet. Setzt man hierbei den Luftdruck unter Berücksichtigung der leichten Gase in Höhe um, so erhält man die Geschwindigkeitsabnahme nach der Höhenskala. Dabei zeigt sich, daß die Verzögerung (also auch die Kraft, die auf den Meteoriten wirkt) bei etwa 60 km Höhe ein sehr steiles Maximum besitzt, welches offenbar die Erklärung für das starke Aufflammen der Meteore im „Hemmungspunkte" abgibt.

2. **Versuche zur Aufsturztheorie der Mondkraterbildung.** Der Versuch von *Meydenbauer,* mit Lykopodiumpulver mondkraterähnliche kleine Gebilde zu erhalten, wird in größerem Maßstabe (Kraterdurchmesser über 10 cm) mit Zementpulver vorgeführt, welches ein Fixieren der erhaltenen Formen gestattet. Die Bedingungen für die Entstehung des Zentralberges werden experimentell ermittelt. Die Mechanik des Aufsturzes wird durch Verwendung von Gipspulver als aufstürzender Körper, durch Zinnoberzwischenlagen in der Grundmasse und durch nachträgliches Zerschneiden der Krater dargestellt. Bei einer größeren Zahl derartiger Krater wird das sehr flache Profil ausgemessen und große Ähnlichkeit mit den Profilen der Mondkrater festgestellt. Andere Versuche erläutern die Entstehung bestimmter Einzelformen auf dem Monde. Die Versuche sprechen für die Richtigkeit der Aufsturzhypothese, zumal den anderen Hypothesen unüberwindliche Schwierigkeiten im Wege stehen. (Die vollständige Abhandlung wird demnächst in den Nova Acta der Leopoldinischen Akademie erscheinen.)

Sitzung vom 28. Mai 1919.

Herr *F. Richarz* trug vor über **neue Bestimmungen und Berechnungen der Schallgeschwindigkeit.** Zu-

nächst wurden die Beziehungen auseinandergesetzt, welche aus der mechanischen Wärmetheorie sich ergeben zwischen der Schallgeschwindigkeit, dem Verhältnis der beiden spezifischen Wärmen eines Gases und der Möglichkeit, das Verhältnis der beiden spezifischen Wärmen auch auf andere Weise, z. B. nach der Methode von *Clément* und *Desormes* zu bestimmen. Die ältesten direkten Bestimmungen der Schallgeschwindigkeit in der freien Atmosphäre durch die Zeitdifferenz zwischen der Beobachtung eines Geschützfeuers bei Nacht und dem Anlangen des Knalles ergaben für die Schallgeschwindigkeit einen Wert von etwa 333 m in der Sekunde. Neuere indirekte Bestimmungen aus der Wellenlänge eines bestimmten Tones in einer Kundtschen Röhre ergaben einen Wert von etwa 332 m. Aus Bestimmungen der letzteren Art läßt sich mit Hilfe der oben erwähnten theoretischen Beziehungen auch nach den Grundgedanken von *Julius Robert Mayer* bekanntlich das mechanische Wärmeäquivalent berechnen. Derartige neuere Bestimmungen im hiesigen Physikalischen Institut ergaben bei verschiedenen Gasen eine bedeutend bessere Übereinstimmung untereinander und mit dem direkt gewonnenen Werte für das mechanische Wärmeäquivalent, als früher gefunden wurde. Andererseits ging aus diesen Bestimmungen hervor, daß das Verhältnis der beiden spezifischen Wärmen für Luft bisher zu hoch angenommen worden ist, und daß dieses und entsprechend dann auch die Schallgeschwindigkeit einen kleineren Wert haben muß als der zuletzt genannte. Der auf verschiedene Weise neu berechnete Wert der Schallgeschwindigkeit ist nach dem Vortragenden 331 m in der Sekunde, und zwar ergibt sich dieser Wert übereinstimmend, wenn man von der Methode von *Clément* und *Desormes* ausgeht, oder aus den Bestimmungen an Kundtschen Röhren mit Ausnahme von einer einzigen neueren Bestimmung. Aus diesen Neuberechnungen der Schallgeschwindigkeit geht der dringende Wunsch hervor, daß auch eine neue direkte Bestimmung in der freien Atmosphäre den indirekt beobachteten und berechneten Wert von 331 m pro Sekunde kontrollieren möge.

Sodann demonstrierte Herr *F. Richarz* eine **experimentelle Nachbildung des intermittierenden Kohlensäuresprudels** zu Namedy bei Andernach a. Rh. als Vorlesungsversuch. Der herrliche Anblick des intermittierenden Kohlensäuresprudels zu Namedy veranlaßte den Vortragenden vor mehreren Jahren, Herrn *E. Altfeld* in seiner Doktorarbeit die physikalischen Grundlagen und die Erklärung dieses wundervollen Naturschauspieles suchen zu lassen. Herr *E. Altfeld* hat diese in sehr klarer und einwandfreier Weise geliefert. Ein Auszug dieser Arbeit erschien in der Zeitschrift für praktische Geologie, XXII. Jahrgang, 1914, Heft 4/5. Der Wunsch, eine physikalische Nachbildung des Kohlensäuresprudels auf Grund der Altfeldschen Erklärung als Vorlesungsversuch zu demonstrieren, hat zu der von dem Vortragenden erläuterten einfachen Anordnung geführt, die von dem Mechaniker des Physikalischen Instituts, Herrn *Paul Görs*, ausgeführt wurde.

Es wurde sodann durch Herrn Dr. *F. Strieder* ein auf Anregung von Herrn Geheimrat *Richarz* konstruierter **Apparat zur Demonstration von Wirkung und Gegenwirkung** vorgeführt, bestehend aus einem leichtlaufenden Wägelchen, von welchem durch eine Feder ein Gewicht parallel zur Fahrbahn abgeschleudert wird. Da der Wagen und annähernd auch das Gewicht geradlinige Bewegungen ausführen, entfallen Betrachtungen über den Flächensatz.

Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde.

23. Januar 1919. Gemeinsame Sitzung beider Abteilungen.

Vortrag: **Hygienische Betrachtungen über Volksernährung im Kriege;** von *E. Gotschlich*. Vortragender gibt zunächst an Tabellen und graphischen Darstellungen eine gedrängte Übersicht der tatsächlichen Schädigungen der Gesundheitsverhältnisse der deutschen Zivilbevölkerung, die sich als Ergebnis der unzureichenden Ernährung während der Kriegszeit infolge der Hungerblockade darstellen; das Zahlenmaterial entstammt größtenteils dem in der Berliner Klinischen Wochenschrift 1919, Nr. 1 veröffentlichten Bericht über die außerordentliche Sitzung der vereinigten Ärztlichen Gesellschaften von Berlin vom 18. Dezember 1918. Die Gesamtsterblichkeit im Deutschen Reiche, welche von 1870—1913 eine stetige Abnahme zeigte, ist seit den Kriegsjahren wieder im Anstieg begriffen; in den Jahren 1915 und 1916 ist die Zunahme noch keine sehr erhebliche und beträgt nur 10 bzw. 14% Mehrsterblichkeit gegenüber dem letzten Friedensjahr, im Jahre 1917 aber schon 32 % und im Jahre 1918 gar 37 %, wobei die durch die Grippeepidemie verursachten Todesfälle nicht mitgezählt sind, obgleich dieselben wenigstens zum Teil zweifellos der durch die unzureichende Ernährung verminderten Widerstandsfähigkeit zur Last zu legen sind. Die Mehrsterblichkeit der deutschen Zivilbevölkerung während der Kriegsjahre bis Ende 1918 läßt sich auf insgesamt etwa 800 000 Todesfälle veranschlagen. Diese vermehrte Sterblichkeit betrifft insbesondere einerseits die älteren Leute (Altersklassen oberhalb 60 Jahren) andererseits die Tuberkulösen; nach der preußischen Statistik ergibt sich für das Jahr 1917 im Vergleich zu 1913 eine Mehrsterblichkeit für die älteren Leute von 37 % und für die Tuberkulösen von 51 %; letztere Ziffer dürfte im Jahre 1918 noch eine sehr wesentliche Steigerung erfahren haben; in sämtlichen deutschen Ortschaften mit einer Einwohnerschaft von mehr als 15 000 bezifferte sich die Gesamtzahl der durch Tuberkulose verursachten Todesfälle i. J. 1913 auf 40 374, im ersten Halbjahr 1913 dagegen schon auf 41 800, d. h. eine Steigerung auf mehr als das Doppelte; hiermit ist die Tuberkulosesterblichkeit auf den Stand zurückgeworfen, den sie vor etwa 25—30 Jahren aufwies. Aber auch abgesehen von der Mehrsterblichkeit der alten Leute und der Tuberkulösen zeigen sich die schlimmen Folgen der Unterernährung während des Krieges in vielfachen anderen Beziehungen, insbesondere von der Jahreswende 1916/17 ab, nachdem die schlechte Kartoffelernte des Jahres 1916 die Ernährungslage außerordentlich verschärft hatte: Verminderten Körpergewicht des Neugeborenen, langsamerer Ausgleich der physiologischen Gewichtsabnahme der ersten Lebenstage, erhöhte Säuglingssterblichkeit (an manchen Orten um 20 % des Standes vor dem Kriege). Wenn in den Altersklassen von 1—5 Jahren die schlimmen Folgen der kriegsmäßig veränderten Ernährung sich erst verhältnismäßig spät bemerkbar machten, so liegt das zum Teil daran, daß die früher vielfach geübte schädliche Überfütterung der Kinder wegfiel und andererseits dank der gleichmäßigen Rationierung der Lebensmittel die Kinder verhältnismäßig besser gestellt waren als Erwachsene. Aus denselben Gründen hatte auch bis 1917 die körperliche Entwicklung der Schulkinder nur wenig gelitten; seitdem wird allerdings über Verlangsamung der Zunahme des Gewichts und des Längenwachstums berichtet, wobei bemerkenswerterweise (wie Vortragender gemeinsam mit *Guth* in Saarbrücken feststellen konnte) das Längenwachstum als die biologisch minder wichtige Leistung früher und in stärkerem Maße eingeschränkt wird als die Gewichtszunahme. Die Altersklassen von 15—20 Jahren haben als Periode des Hochstands der körperlichen Entwicklung verhältnismäßig noch am wenigsten gelitten, wenigstens soweit ganz Gesunde in Betracht kommen. Schwächliche und Kranke haben aber gelitten, besonders an Darmbeschwerden mit ihren Folgen, die übrigens nicht nur durch die quantitativ ungenügende Ernährung, sondern auch durch die ungewohnte grobe und schwer verdauliche Kost bedingt waren. Bemerkenswert sind ferner spezifische Schädigungen des weiblichen Geschlechtes (Amenor-

rhoe, schlechte Stillfähigkeit). Von der besonders schweren Schädigung der älteren Leute war oben die Rede; ihren höchsten Grad erreichte sie bei den Insassen geschlossener Anstalten, wo vielfach Hungerödem und außerordentlich gesteigerte Sterblichkeit beobachtet wurden. Es fragt sich nun, ob diese tatsächlich vorhanden Schädigungen ausschließlich oder doch in erster Linie eine Folge der ungenügenden Ernährung darstellen oder durch sonstige mit dem Krieg zusammenhängende Ursachen bedingt sind. Man könnte in dieser Beziehung an 3 Möglichkeiten denken: Seuchen, mangelnde ärztliche Versorgung und Herabsetzung der Widerstandsfähigkeit durch seelische Einflüsse (Trauer, Kummer und Sorge). Eine vermehrte Sterblichkeit an Seuchen kommt nicht in Betracht, da dank der fortgeschrittenen Erkenntnis der Übertragung der Infektionskrankheiten und dank der vortrefflichen Organisation der Seuchenbekämpfung eine irgendwie erhebliche Verbreitung der Seuchen, die früher mit Krieg fast unzertrennlich verbunden waren, uns in diesem Weltkrieg erspart blieb. Daß auch die beiden anderen unzweifelhaft vorhandenen obengenannten Faktoren für die Erklärung der vorhandenen sehr erheblichen Mehrsterblichkeit nicht in Betracht kommen können, das lehrt vor allem die Untersuchung der Todesfallstatistik, getrennt nach Stadt und Land, sowie die Betrachtung nach einzelnen Altersklassen und Todesursachen. Die Landbevölkerung, bei der die mangelnde ärztliche Versorgung sich viel stärker bemerkbar machen müßte als bei den Einwohnern der Städte und die andererseits durch die seelischen Leiden des Krieges ebenso schwer geprüft wurde wie die städtische Bevölkerung, zeigt doch eine ganz erheblich geringere Sterblichkeit, insbesondere was die höheren Altersklassen und die Tuberkulösen anbetrifft. Die einzige mögliche Erklärung hierfür ist die bessere Ernährung der Landbewohner, die fast sämtlich Selbstversorger sind; einen direkten Beweis dafür liefern die vergleichenden Feststellungen von *F. v. Müller* über die Verhältnisse des Körpergewichtes der bayrischen Bevölkerung in Stadt und Land (i. J. 1917); während in der Großstadt Gewichtsverluste von durchschnittlich 9,3—12 % und in den Mittelstädten von 4,7—6,5 % festgestellt wurden, betrug die Gewichtsabnahme auf dem Lande kaum 1 % oder fehlte vollständig. Daß insbesondere die von mancher Stelle angeschuldigten seelischen Einflüsse des Krieges für die vermehrte Sterblichkeit nicht wesentlich in Betracht kommen, dafür noch 2 Beweise: einerseits die vermehrte Sterblichkeit der Kleinkinder, bei denen das psychische Moment selbstverständlich ganz wegfällt, andererseits die von *Behla* festgestellte Tatsache, daß die Todesfälle an Herz- und Gefäßkrankheiten (Zahlen bis Ende 1917 vorliegend) sowie an Gehirnschlag (bis Ende 1916) eine nur ganz geringe bzw. gar keine Vermehrung aufweisen, obgleich doch gerade bei diesen Todesursachen am ehesten eine ungünstige Beeinflussung durch psychische Insulte möglich wäre.

Soviel über die tatsächlich vorliegenden Schädigungen durch die unzureichende Ernährung während des Krieges. Es erhebt sich nun die ebensowohl vom wissenschaftlichen wie vom praktischen Gesichtspunkt überaus bedeutsame Frage, wie es überhaupt möglich gewesen ist, mit einer gegen die Norm selbst bei vorsichtiger Abschätzung um mindestens ein Drittel herabgesetzten Nahrungszufuhr jahrelang auszukommen, und daß es nicht schon längst zum vollständigen Zusammenbruch der Volksgesundheit gekommen war. Vortragender berichtet über seine gemeinsam mit *Guth* in Saarbrücken in den Jahren 1916-17 angestellten Erhebungen, deren Veröffentlichung bisher durch äußere Gründe verzögert wurde. Als durchschnittlichen Verbrauch für einen Erwachsenen ergab sich aus einer Reihe von Familienuntersuchungen nach Ausweis der Haushaltungsbücher 60,6 g Eiweiß und 1874,8 WE Gesamtbrennwert der täglichen Nahrung; hiermit stimmt das Ergebnis einer weiteren Versuchsreihe zwecks Ermittlung des tatsächlichen Eiweißverbrauchs, der sich nach Bestimmung des Stickstoffs in der Gesamtharnmenge während 24 St auf 60,0 g bezifferte, vortreflich überein. Von der Gesamtkalorienmenge der täglichen Nahrung waren 1266 WE durch die rationierten Lebensmittel gedeckt, während der Rest teils durch freihändigen Ankauf, teils durch Massenspeisungen beschafft werden mußte; die in den Kriegsküchen gereichte Mittagsmahlzeit enthielt etwa 20 g Eiweiß und 597 WE. Leider war, in Übereinstimmung mit den Erfahrungen anderwärts, trotz der bestehenden Nahrungsnot die Beteiligung der Bevölkerung an den Massenspeisungen nur eine geringe; als Gründe hierfür kommen hauptsächlich das Mißtrauen weiter Bevölkerungskreise gegenüber jeder Abweichung vom Althergebrachten in der Ernährung sowie das Fehlen der Gewöhnung an ein richtiges warmes Essen als Folge unzureichender hauswirtschaftlicher Ausbildung vieler Frauen in Betracht. Dieselben Ursachen waren es auch, welche eine praktische Verwertbarkeit der Nährhefe für die Volksernährung außerordentlich schwierig erscheinen ließen; zwar wurden der Nährwert und die Ausnutzbarkeit der Nährhefe sowohl in 2 Stoffwechselversuchen als auch bei vergleichender Prüfung von Massenspeisungen mit und ohne Hefezusatz als recht günstig befunden; das Eiweiß der Hefe wurde zu 66 bzw. 88 % verdaut, störende Nebenwirkung wurde, abgesehen von dem bei vielen bemerkbaren Widerwillen gegen den Geschmack, nicht beobachtet, insbesondere wurde die Harnsäureausscheidung nur unwesentlich gesteigert (im Mittel um 0,15 g auf je 10 g Hefeeiweiß). Diese Versuche bestätigen aufs neue, wie sehr das Problem der Volksernährung nicht nur von der chemischen Zusammensetzung und Ausnutzbarkeit der Nahrungsmittel, sondern auch von der Geschmacksfrage beherrscht wird.

Es erwies sich also als praktisch undurchführbar, durch Massenspeisung oder durch Zusatz besonderer Präparate die Ernährung weiter Volkskreise wesentlich zu verbessern; ebensowenig konnte, abgesehen von vereinzelten Ausnahmen, durch freihändigen Kauf von Nahrungsmitteln die Ernährung der städtischen Bevölkerung auch nur annähernd auf die Höhe gebracht worden sein, die wir im Frieden [illegible] anzusehen gewohnt waren. Man hat in den letzten Jahren vielfach die Ansicht geäußert, daß die Einschränkung der Ernährung zu hoch gegriffen sei gegenüber die Erfahrungen des Krieges haben jedoch gezeigt, daß eine solche Schlußfolgerung durchaus unberechtigt ist und daß es für die Volksgesundheit geradezu verhängnisvoll wäre, wenn wir auf die Dauer mit einer so herabgesetzten Nahrungszufuhr zu leben hätten. Als Minimum für den täglichen Bedarf des Erwachsenen bei mittlerem Körpergewicht (65 kg) und durchschnittlicher Arbeitsleistung müssen wir etwa 75 g verdauliches Eiweiß und 2400 WE festhalten. Sinkt die Ernährung unter dieses Mindestmaß, so vermag der Körper anfangs durch Einschmelzung von Reservestoffen, später durch Anpassung an die geringere Nährstoffmenge (wobei zunächst alle irgendwie entbehrlichen Leistungen zugunsten der lebenswichtigen Funktionen eingeschränkt werden) einige Zeit standzuhalten; bei fortdauernder Unterernährung aber kommt es dann (wie neuerdings insbesondere von *Loewy* und *Zuntz* sowie *R. O. Neumann* betont ist) u. U. ganz plötzlich zu bedrohlichen Erscheinungen, zu rapidem Stickstoffverlust und zum völligen Zusammenbruch, der nur dann aufzuhalten ist, wenn sofortige reichliche Zufuhr von Nährstoffen erfolgt, wobei es nicht nur (worauf vielleicht manchmal in etwas einseitiger Weise ausschließlich Wert gelegt wurde) auf die Darreichung einer bestimmten Eiweißmenge, sondern ebenso sehr auf den Gesamtbrennwert der Nahrung ankommt.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 10. (Seite 181—196) **5. März 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Betrachtungen zu Rutherfords Versuchen über die Zerspaltbarkeit des Stickstoffkerns. Von *W. Lenz, München.* S. 181.

Magnetische und luftelektrische Arbeiten der Carnegie-Institution von 1916 bis 1918. Von *A. Nippoldt und K. Kähler, Potsdam.* (Mit 1 Karte.) S. 187.

Besprechungen:

Bleuler, E., Das autistisch-undisziplinierte Denken in der Medizin und seine Überwindung. Von *Friedr. Schultze, Bonn.* S. 192.

Tschermak, A. v., Julius Bernsteins Lebensarbeit. Von *A. Pütter, Bonn.* S. 193.

Dembowski, J., Das Kontinuitätsprinzip und seine Bedeutung in der Biologie. Von *J. Schaxel, Jena.* S. 194.

Physiologie und Oekologie. (Die Kultur der Gegenwart.) Von *J. Buder, Leipzig.* S. 194.

Schröter, C., Oberforstinspektor Dr. Joh. Coaz. Von *F. W. Neger, Tharandt.* S. 194.

Deutsche ornithologische Gesellschaft:

Die Verbreitung und die Lebensweise des Nachtigallschwirls. Mimikry der Kuckuckseier. S. 195.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.

Binokulares Mikroskop mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren

Mikrophotographische und Projektionsapparate

Mikrotome, Lupen und Lupenmikroskope ❖ Prismenfernrohre.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 12.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.20.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40 % Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztewelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.
Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a. Rh.

Soeben ist erschienen:
LITTROWS Atlas des gestirnten Himmels
Für Freunde der Astronomie. Taschenausgabe.
Einleitung von Prof. Dr. J. Plassmann
Gebunden M. 6.— (181)
Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin SW 68

Botaniker (191)
gesucht für die Versuchsstation f. Zuckerindustrie zu Pasoeroean (Java). Gehalt 6000 Gulden pro Jahr (Holländische Währung), jedes Jahr steigend mit 600 Gulden, Maximum jetzt 10 800 Gulden; Reise nach Java frei. Briefe an den Direktor **Dr. Ph. van Harreveld, Groningen, Holland.**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Das autistisch-undisziplinierte Denken in der Medizin und seine Überwindung

Von

E. Bleuler

Professor der Psychiatrie in Zürich

Preis M. 14.—

(und Teuerungszuschlag)

Siehe Besprechung auf S. 192 dieser Nummer!

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 5. März 1920. Heft 10.

Betrachtungen zu Rutherfords Versuchen über die Zerspaltbarkeit des Stickstoffkerns.

Von W. Lenz, München.

1. Einleitung.

Bekanntlich ist es *Rutherford* kürzlich gelungen zu zeigen, daß der Stickstoffkern beim Auftreffen schneller α-Strahlen zerspalten wird [1]). Dieser Nachweis gelang durch den vom Entdekker vorausgesehenen günstigen Umstand, daß beim Durchgang von α-Strahlen durch Stickstoff eine allerdings sehr geringe Menge einer neuen Art von α-Strahlen entsteht, deren Reichweite viermal so groß ist als die Reichweite der ursprünglichen α-Strahlen des RaC, nämlich in atmosphärischer Luft 28 cm gegen 7 cm. Die gleiche Erscheinung tritt auf, wenn die α-Strahlen durch reinen Wasserstoff geschickt werden; es entstehen wiederum α-Strahlen von 28 cm Reichweite, die nach Ausweis von Ablenkungsversuchen aus schnellbewegten Wasserstoffkernen bestehen. Da sich im Falle des Stickstoffs durch Einführung von Wasserstoff (in Form von Wasserdampf) leicht zeigen ließ, daß solche künstliche Verunreinigung den Haupteffekt nur unwesentlich beeinflußt, so kann als sicher angesehen werden, daß die schnellen α-Strahlen ihre Entstehung dem Stickstoff verdanken. Beim Vergleich mit dem Effekt in reinem Wasserstoff liegt im Hinblick auf die abnorm hohe Reichweite der Schluß nahe, daß die in Stickstoff entstehenden hochgeschwinden α-Strahlen schnell bewegte Wasserstoffkerne sind, während die α-Strahlen des RaC bekanntlich in schnellen Heliumkernen bestehen.

Für eine theoretische Betrachtung ist an *Rutherfords* fundamentaler Entdeckung vor allem der Umstand wichtig, daß der Wasserstoffkern beim Kernaufbau eine wesentliche Rolle spielt. Es ist dadurch die Rückkehr zur Proutschen Hypothese nahegelegt, die ja bekanntlich aus der vermeintlichen Ganzzahligkeit der Atomgewichte einen Aufbau aller Elemente aus Wasserstoff folgerte. Dies entspricht der früher schon von *Rutherford* besonders in bezug auf den Heliumkern vertretenen Auffassung, den er sich aus 4 Wasserstoffkernen und 2 Elektronen aufgebaut denkt. Auch später zu besprechende theoretische Versuche von *Harkins* und *Wilson* [2]), des Verfassers [1]) und von *Stern* und *Vollmer* [2]) gründen sich auf diese Auffassung. Es ist in dieser Hinsicht belanglos, ob man sich wegen der Gruppierung der Atomgewichte um die Zahlen $4n$ und $4n+3$ die Kerne aus Helium- und Wasserstoffkernen aufgebaut denken will, da ja der Heliumkern selbst wieder als komplex anzusehen ist.

Von einer Theorie der Kernstruktur kann heute noch nicht die Rede sein. Man müßte von ihr verlangen, daß sie auf Grund der Annahme eines Aufbaus der Kerne aus Wasserstoffkernen und Elektronen vor allem die Abweichung der Atomgewichte von den Vielfachen des Wasserstoffs und die aus den Tatsachen der Radioaktivität und den Rutherfordschen Versuchen folgende Unbeständigkeit der Kerne erklärt. Von einem Verständnis der radioaktiven Erscheinungen sind wir noch weit entfernt. Dagegen vermögen wir hinsichtlich der Frage der Atomgewichte und, wie hier besonders ausgeführt werden soll, hinsichtlich der Frage der Unbeständigkeit der Kerne gegen äußere Einflüsse wenigstens plausible Angaben zu machen.

Hierzu setzt uns instand die Anwendung des aus der Relativitätstheorie folgenden Satzes von der Trägheit der Energie, der bekanntlich ganz allgemein besagt, daß gemäß der Beziehung „Masse = Energie/Quadrat der Lichtgeschwindigkeit“ jeder Energie, gleichgültig in welcher Form sie sich befindet, Masse zugeschrieben werden muß. Jede Änderung der Energie eines Körpers oder Systems etwa in Form von potentieller oder kinetischer Energie hat eine entsprechende Änderung seiner Masse zur Folge. Indem sich unsere Betrachtungen ganz wesentlich auf diesen Satz stützen, gewinnen sie neben der immerhin hypothetischen Annahme des Kernaufbaus aus Wasserstoffkernen eine Grundlage von großer Sicherheit. Die Beweiskraft unserer Überlegungen ist dagegen durch den Mangel ausreichender Kenntnis der in Frage kommenden experimentellen Daten sehr beeinträchtigt.

2. Die Frage der Atomgewichte.

Man kann nun versuchen, nach dieser relativistischen Beziehung zwischen Masse und Energie die Abweichung der Atomgewichte von der Ganzzahligkeit auf Energiedifferenzen der Kerne gegenüber dem Zustand völliger Trennung in Elementarkerne zu schieben. Überlegungen dieser Art wurden zuerst von *Harkins* und *Wilson* (l. c.)

[1]) Phil. Mag. *37*, 1919, S. 537.
[2]) Zeitschr. f. anorg. Chemie *95*, S. 1 und 20, 1916.

[1]) Sitz.-Ber. d. bayr. Akad. d. Wiss. Math.-phys. Kl. 1918, S. 355.
[2]) Ann. d. Phys. *59*, 1919, S. 225.

angestellt. Tatsächlich erweisen sich die Atomgewichte der leichteren Elemente, etwa bis Fluor, mit Ausnahme von Be kleiner als die entsprechenden Vielfache des Wasserstoffkerns. Das würde in obiger Auffassung bedeuten, daß beim Aufbau dieser Kerne, ganz analog wie in der Bohrschen Theorie beim Aufbau des Atoms, Energie abgegeben worden ist. Die Masse der am Aufbau teilnehmenden Elektronen kann dabei, wie eine Überschlagsrechnung lehrt, vernachlässigt werden. Die Ausnahme bei Be, wie auch die zahlreichen Unstimmigkeiten bei den schwereren Elementen, können vielleicht ihren Grund im Vorhandensein von Isotopen haben.

Von *Stern* und *Vollmer* (l. c.) ist eine weitere Deutungsmöglichkeit angegeben und experimentell geprüft worden. Die Atomgewichte sind angenähert Vielfache von 1 und nicht von 1,0077, dem Atomgewicht des Wasserstoffs. Man könnte sich nun denken, daß das Atomgewicht des Wasserstoffs tatsächlich gleich eins ist und die Abweichung des beobachteten Atomgewichts dieses Elements von 1 durch Beimengung von Isotopen des Wasserstoffs vom Atomgewicht 2 bzw. 3 zustande kommt. Die experimentelle Prüfung zeigte jedoch, daß diese Annahme nicht zutrifft.

Eine theoretische Prüfung der Zulässigkeit der Erklärung mittels Energiedifferenzen wurde vom Verfasser (l. c.) und in ganz analoger Weise von *Stern* und *Vollmer* auf Grund der Quantentheorie durch Konstruktion einfachster Kernmodelle aus Wasserstoffkernen und Elektronen versucht. Der Gang der Überlegung möge hier kurz angedeutet werden. Das Bohrsche Modell wird in der Weise invertiert, daß die Elektronen als die ruhenden und die Wasserstoffkerne als die umlaufenden Ladungen betrachtet werden; die Kernmodelle wurden deshalb vom Verfasser als invertierte Bohrsche Modelle bezeichnet. Für den Heliumkern wird z. B. ähnlich dem *Bohr-Debye*schen Wasserstoffmodell angenommen, daß um die Verbindungslinie zweier ruhender Elektronen in der Symmetrieebene 4 Wasserstoffkerne umlaufen. Die Durchrechnung dieses Modells nach der Quantentheorie liefert Dimensionen, die im wesentlichen im Verhältnis der Elektronenmasse zur Masse des Wasserstoffkerns gegen diejenigen des *Bohr-Debye*schen Wasserstoffmodells verkleinert sind, d. h. sie liefert Abmessungen von der Größenordnung 10^{-12} cm. Damit gelangt man also in die Größenordnung der von *Rutherford*[1]) und *C. G. Darwin*[2]) ermittelten oberen Grenzen der Kernabmessungen. Dagegen erweist sich die Differenz zwischen der Energie des Modells und derjenigen seiner Teile im Zustand völliger Trennung als viel zu klein, um die Differenz zwischen dem Atomgewicht des Heliums und dem vierfachen des Wasserstoffs erklären zu können. Dieses Ergebnis muß jedoch nicht unbedingt in dem Sinn gedeutet werden, daß die quantentheoretische Modellauffassung falsch ist. Vielmehr hat man nach dem Versuch von *Mie, Einstein* und *Weyl*, die Elektrodynamik in das „Innere" der Ladung fortzusetzen, allen Grund anzunehmen, daß das Coulombsche Gesetz und die gewöhnliche elektromagnetische Energieberechnung in den kleinen bei den Kernmodellen in Frage kommenden Entfernungen vom Ladungsmittelpunkt nicht mehr gilt. Es wäre durchaus möglich, daß die Schwierigkeiten sich hierdurch beheben ließen und die Kernmodelle ein wichtiges Anwendungsgebiet dieser erweiterten Elektrodynamik werden.

3. *Die Frage der Beständigkeit der Atomkerne.*

Da man bei unserer bisherigen Unkenntnis der Elektrodynamik im Kern bzw. Elektron in der Frage der Atomgewichte z. Zt. offenbar nicht weiterkommt, so wird man prüfen, ob sich aus unseren Grundannahmen nicht über die andere Hauptfrage, nämlich die der Beständigkeit der Atomkerne etwas aussagen läßt.

Nach dem Vorbilde des Ionisierungsvorganges der Atome wollen wir einen Kern dann gegenüber äußeren Einflüssen als beständig betrachten, wenn die zu seiner Trennung in einfachere Kerne erforderliche Energie größer ist als die Energie der α-Strahlen des RaC, also größer als $1{,}3 \cdot 10^{-5}$ erg. Dies ist, abgesehen von der ThC-Strahlung, der größte Energiebetrag, der praktisch zur Beeinflussung des Kerns zur Verfügung steht. Wegen der bekannten Beziehung zwischen Masse und Energie muß also nach dieser Festsetzung die Masse eines stabilen Kerns mindestens um $1{,}3 \cdot 10^{-5}/9 \cdot 10^{20} = 1{,}45 \cdot 10^{-26}$ g kleiner sein als die Summe der Einzelmassen der bei seiner Zerlegung entstandenen Kerne. In Bruchteilen der Einheit der Atomgewichtsskala ($m_H = 1{,}64 \cdot 10^{-24}$ g) ausgedrückt, findet man für diesen Massenunterschied 0,009. Die Masse des Elektrons beträgt in dieser Einheit $\mu = 0{,}0006$.

Die Atomgewichtsbestimmungen besitzen leider nicht den Grad von Genauigkeit, wie er für die folgenden Überlegungen wünschenswert wäre; vielleicht vermag dagegen umgekehrt die Ausgestaltung des von *Rutherford* erschlossenen neuen Gebietes experimenteller Kernforschung uns instand zu setzen, auf Grund von Betrachtungen, wie sie im folgenden gegeben werden, die Atomgewichte mit einem bei chemischen Methoden heute nicht erreichbaren Grad von Genauigkeit zu berechnen. Nach *Brauner*[1]) und *Guye*[2]) darf man mit einer Ungenauigkeit von einigen Einheiten der letzten angegebenen Stelle setzen:

$$m_H = 1{,}007\,75$$
$$m_{He} = 4{,}002$$
$$m_C = 12{,}002$$
$$m_N = 14{,}010$$

1) Phil. Mag. 27. 1914. S. 488.
2) Phil. Mag. 27. 1914. S. 499.

1) In *Abeggs* Handbuch der anorganischen Chemie.
2) Journal de Chimie Physique 1916, S. 449, 1917, S. 60 und S. 208.

Der angegebene Wert für Helium stammt von *Heuse*. Es möge nun vorerst die Anwendung unserer Stabilitätsdefinition auf den He-Kern gemacht werden.

a) Beständigkeit des Heliumkerns.

Rutherford sagt[1]), es sei weniger überraschend, daß der Stickstoffkern abgebaut wird, als daß der Heliumkern dabei der Zerstörung entgeht. Wir wollen diese Frage auf Grund der obigen Festsetzung prüfen. Die Differenz $4\,m_H - m_{He} = 0{,}028$ übertrifft um ein Mehrfaches den obigen Mindestunterschied von 0,009. Der Heliumkern ist also als stabil zu betrachten, sofern eine vollständige Zerspaltung in Frage kommt. Über die Abspaltung eines Teilkerns kann unsere Rechnung zwar nichts aussagen, aber wegen des großen Massenunterschieds läßt sich doch verstehen, daß der Heliumkern tatsächlich auch gegenüber einer Beeinflussung der Teilkerne beständig ist. Diese Betrachtung findet sich in ganz analoger Weise bei *Harkins* und *Wilson* und dem Verfasser (l. c.).

Will man andererseits den Heliumkern nicht als komplex ansehen, so entsteht die Schwierigkeit, wie der Kern, z. B. des Sauerstoffs, der dann etwa aus 4 einfachen He-Kernen bestehend zu denken wäre, seinen Zusammenhalt finden soll. Man muß dann annehmen, daß die He-Kerne sich bei hinreichender Annäherung anziehen anstatt sich abzustoßen und müßte so den polaren Charakter der Kerne z. T. aufgeben. Hierzu wird man sich, zum mindesten was die Wechselwirkung der Kerne betrifft, nicht ohne Not entschließen. Andererseits ist die Annahme einer komplexen Struktur des Heliumkerns nach dem Obigen sehr wohl zulässig und führt auch wegen der Anwesenheit der Elektronen ohne besondere Hilfsannahme auf die Möglichkeit des Zusammenhalts eines allein aus He-Kernen aufgebauten Kerns. Übrigens macht es *Rutherford*[2]) durch Untersuchung des Stoßvorganges zwischen He- und H-Kernen (Durchgang von RaC-Strahlen durch Wasserstoff) sehr wahrscheinlich, daß der He-Kern komplex ist. Ohne diese Annahme ist die von ihm experimentell festgestellte Tatsache nicht zu verstehen, daß die beim Stoß entstandenen schnellen H-α-Strahlen sich der Richtung des stoßenden α-Teilchens vorzugsweise sehr eng anschmiegen und eine überraschend große Homogenität in den Geschwindigkeiten zeigen.

Mehr als die Frage der Stabilität interessiert naturgemäß diejenige der Unbeständigkeit. Wir können in Unkenntnis der näheren Umstände des Zerfalls zwar nicht angeben, ob in einem bestimmten Fall eine Zerspaltung eintritt, doch können wir dank der relativistischen Beziehung zwischen Masse und Energie wenigstens aus den Atomgewichtsbestimmungen, falls sie in hinreichender Genauigkeit auch für die Spaltprodukte vorliegen, folgern, ob die energetischen Voraussetzungen für den Zerfall jeweils vorliegen. Denn aus dem Energiesatz folgt nach dem Obigen, daß unter dem Einfluß der α-Strahlen (des RaC) Unbeständigkeit *nur* bei solchen Umsetzungen eintreten kann, bei denen die Summe der nötigenfalls relativistisch korrigierten Massen der Endprodukte kleiner oder höchstens gleich ist der Masse des zu zerspaltenden Kerns vermehrt um 0,009, wenn alles in Einheiten der Atomgewichtsskala ausgedrückt wird. Wir wollen die Anwendung davon auf die in *Rutherfords* Versuchen hauptsächlich untersuchten Stoffe N, O und C machen.

b) Unbeständigkeit des Stickstoffkerns.

Das Atomgewicht des Stickstoffs spielt unter den leichten Elementen eine Ausnahmerolle, da es nicht in die Reihen $4n+3$ paßt, und vielleicht ist es gerade dieser Umstand, der den Zerspaltungseffekt möglich macht. *Rutherford* bemerkt, daß der Stickstoffkern vermutlich aus 3 Helium- und 2 Wasserstoffkernen besteht. Wir wissen bisher nicht, welches Endprodukt bei der Zerspaltung des Kerns entsteht, sondern nur mit großer Wahrscheinlichkeit, daß überhaupt Wasserstoffkerne als Spaltprodukte auftreten. Am wahrscheinlichsten dürfte, auch nach dem Folgenden, die Annahme sein, daß nur *ein* Wasserstoffkern aus dem Verbande des N-Kerns gelöst wird; diesen Fall können wir indessen wegen unserer Unkenntnis des Atomgewichts eines solchen Endprodukts nicht beurteilen.

Ebensowenig ist dies der Fall bei der von *Rutherford* ins Auge gefaßten Möglichkeit, daß ein Kern vom Atomgewicht 2, eines zu Wasserstoff isotopen Elements, abgespalten wird. Können wir zwar mit Hilfe einer später anzugebenden Reichweitenformel von *Rutherford* aus der beobachteten Reichweite von 28 cm, die dann als diejenige der H-Isotope aufzufassen wäre, deren Geschwindigkeit und damit deren kinetische Energie berechnen, so fehlt uns doch jeder Anhaltspunkt für den erforderlichen genauen Wert des Atomgewichts dieser Isotope.

Doch ist es denkbar, daß der N-Kern unter Abgabe von zwei getrennten H-Kernen (etwa eines schnellen und eines langsameren) zum C-Kern abgebaut wird. Wir wollen die energetischen Voraussetzungen hierzu vorerst unter der Annahme prüfen, daß die entstandenen Spaltprodukte (der C- und die beiden H-Kerne) als ruhend angesehen werden können; diese Annahme ist auch der Darstellung zugrunde gelegt, die *Sommerfeld*[1]) in seinem soeben erschienenen Buch gibt. Aus unserer Übersicht der Atomgewichte entnimmt man

[1]) l. c. S. 587.
[2]) l. c. S. 558—561.

[1]) *Sommerfeld*, Atombau und Spektrallinien, S. 535, 1919. Wie ich nach Niederschrift dieser Betrachtungen von Herrn *Sommerfeld* erfahre, hat Herr *Vegard* ihm gegenüber auf die Notwendigkeit hingewiesen, die kinetischen Energien der Spaltprodukte zu berücksichtigen.

$m_C + 2\,m_H - m_N = 0{,}007$. Dieser Massenunterschied ist zwar sehr ungenau wegen der bei m_C und m_N zulässigen Fehler, doch ist es wahrscheinlicher, daß er unterhalb, als daß er oberhalb des Mindestunterschieds 0,009 stabiler Kerne liegt und läßt daher grundsätzlich eine Unbeständigkeit des N-Kerns vermuten. Diese Feststellung bedeutet also, daß energetische Gründe *nicht* gegen die Zerfallsmöglichkeit sprechen. Danach braucht der Zerfall noch nicht tatsächlich in der angenommenen Weise einzutreten, da wir ja nicht in Rechnung gesetzt haben, von welchen etwa energieverbrauchenden Vorgängen (z. B. kinetische Energie der Zerfallsprodukte) der Zerfall begleitet ist. Da wir diese Begleitumstände beim Stickstoffzerfall wenigstens teilweise kennen, so wollen wir sie bei unserer Betrachtungsweise in Rechnung setzen. Es sind also die nachweislich nach dem Zerfall vorhandenen kinetischen Energien, insbesondere diejenige des hochgeschwinden H-Kerns zu berücksichtigen, indem wir vorerst annehmen, daß nur *einer* der beiden H-Kerne eine in Betracht zu ziehende hohe Geschwindigkeit hat. Da man gleichschnelle H-Kerne in reinem Wasserstoff erhält, so kann wie bei *Rutherford* ihre Energie aus einer einfachen Stoßbetrachtung unter Annahme zentralen Stoßes zwischen dem α-Strahl des RaC und dem H-Kern gefunden werden. Es ergibt sich rund ⅝ der Energie des auftreffenden α-Strahls; dem entspricht nach der Relativitätstheorie, in der Skala der Atomgewichte gemessen, ein Zuwachs der Masse des schnellen H-Kerns gegenüber dem ruhenden von 0,006. Mit Bestimmtheit wissen wir bei dem ins Auge gefaßten Spaltungsvorgang nur, daß *ein* schneller H-α-Strahl entsteht; ob sonst noch beträchtliche kinetische Energien nach dem spaltenden Zusammenstoß bestehen, muß dahingestellt bleiben. Wir können also jedenfalls als Bedingung der Zerfallmöglichkeit die Ungleichung zwischen der Energie vor und nach dem Stoß aufstellen:

$$m_N + m_{He} + 0{,}009 \geqq m_C + m_{He} + 2\,m_H + 0{,}006.$$

Beim Übergang eines neutralen N-Atoms mit 14 H-Kernen und 14 Elektronen, davon 7 im Kern, in ein neutrales C-Atom werden zwei Elektronen und 2 H-Kerne frei. Man kann also auf beiden Seiten unsrer Ungleichung mit neutralen Atomen rechnen und daher die gewöhnlichen Atomgewichte einsetzen, die ja bei größeren Elektronenverlusten eine Korrektion erfahren müßten. Führt man vorerst nur den hinreichend genau bekannten Wert von m_H ein, so fordert also die Energiebilanz für den Zerfall des N-Kerns:

$$m_N - m_C \geqq 2{,}012.$$

Das Gleichheitszeichen ist zu nehmen, falls nach dem Stoß keine beträchtlichen kinetischen Energien angenommen werden, außer der des H-α-Strahls; im anderen Falle tritt das >-Zeichen in Kraft. Bei der Ungenauigkeit der Atomgewichtsbestimmung können wir natürlich auch hier wieder nur sagen, ob der spaltende Stoß in den zulässigen Fehlergrenzen, bei bestimmter Annahme über die Energien nach dem Stoß, möglich ist. Unsere obigen Werte für die Atomgewichte liefern $m_N - m_C = 2{,}008$, die zulässigen Fehler sind jedoch so groß, daß die Differenz wohl bis 2,015 betragen könnte. Hiermit ist unsere obige Ungleichung nur dann verträglich, wenn außer dem H-α-Strahl nach dem Stoß keine beträchtlichen Energien angenommen werden. Insbesondere ist es nicht zulässig, anzunehmen, daß beim Zerfall *zwei* hochgeschwinde H-α-Strahlen entstehen oder, daß zwar nur *ein* solcher entsteht, aber der ankommende He-α-Strahl seine Energie nicht in der Hauptsache an diesen abgibt.

Da uns hiernach die Energiebilanz stark an die Grenzen der zulässigen Fehlerbereiche der Atomgewichte führt, so möchten wir es als wahrscheinlich betrachten, daß der spaltende Stoß nicht, wie hier vorausgesetzt, zwei, sondern nur einen H-Kern aus dem Verbande des N-Kerns löst. Es mochte bei unserer Überlegung indessen nicht uninteressant sein, zu sehen, daß man sich im Gegensatz zu den Verhältnissen bei Helium im Falle des Stickstoffs schon nahe an der Grenze der Instabilität befindet. Man wird hieraus das Vertrauen schöpfen, daß der vermutlich nur unter Abspaltung *eines* H-Kerns verlaufende wirkliche Zerfallsprozeß des N-Kerns tatsächlich auf dem hier beschrittenen Weg verstanden werden kann, wenn man nur erst einmal die Natur und die Geschwindigkeit der Zerfallsprodukte genauer kennt.

Entsprechend der Bedeutung, die dem Sauerstoff und Kohlenstoff in den Rutherfordschen Versuchen zukommt, wollen wir die energetischen Voraussetzungen für einen Zerfall auch bei diesen Elementen prüfen.

c) Stabilität bei Sauerstoff und Kohlenstoff.

Die Kerne O und C gehören zur Reihe $4n$ und sind daher vermutlich aus Heliumkernen aufgebaut, die zwar selbst komplexen Charakter haben, aber im Gesamtkern doch eine mehr selbständige Rolle zu spielen scheinen. Hierauf läßt insbesondere die Kleinheit der Differenzen $4\,m_{He} - m_O$ und $3\,m_{He} - m_C$ schließen gegenüber denjenigen von $16\,m_H - m_O$ und $12\,m_H - m_C$. Wir werden uns also fragen, ob bei O und C die energetischen Vorbedingungen für die Abspaltung eines He-Kerns vorliegen. Dies ist leider nur im Fall einer hypothetischen Zerspaltung des O-Kerns in einen C- und He-Kern möglich, da nur hier die Atomgewichte der Endprodukte bekannt sind. Es ist $m_C + m_{He} - m_O = 0{,}004$ mit einem Fehlerbereich, der jedoch schwerlich einen Wert über 0,009 zuläßt. Demnach ist diese Abspaltung energetisch möglich. Beim Abbau des C-Kerns und auch des N-Kerns, wenn man die Zerspaltung eines He-Kerns in Erwägung zieht, sind die Endprodukte (vom Atomgewicht 8 bzw. 10) nicht bekannt.

Gesetzt den Fall, die Zerspaltung des O-Kerns

liege in der Natur tatsächlich vor, mußte dann bei *Rutherfords* Versuchen dieser Vorgang nicht beobachtet werden? Diese Frage ist zu verneinen, wenn zur Zerspaltung Energieaufwand nötig ist, zu bejahen, falls der Zerspaltungsprozeß unter Energieabgabe verläuft. Es ist ja der abgespaltene Kern seiner korpuskularen Natur nach identisch mit dem α-Strahl des RaC; er kann also nur bei Vorliegen größerer Reichweite, also größerer Geschwindigkeit, von den übrigen α-Strahlen unterschieden werden, abgesehen davon, daß bei *Rutherford* überhaupt nur eine Unterscheidung hinsichtlich der Reichweite vorgenommen wird. Dazu aber muß ihm bei der Zerspaltung außer der etwa durch Stoß übernommenen Energie des ankommenden α-Strahls noch ein weiterer aus dem ursprünglichen Kern stammender Energiebetrag zugeführt worden sein, d. h. es muß sein $m_C + m_{He} < m_O$ eine Annahme, gegen die sich wegen der Fehlerbereiche der Atomgewichte nichts aussagen läßt.

Bei *Rutherfords* Versuchen am Sauerstoff und Stickstoff wurden tatsächlich Strahlen beobachtet, deren Reichweite größer war als die der auffallenden Strahlen, nämlich 9 cm gegen 7 cm der α-Strahlen des RaC. Dagegen zeigte Kohlenstoff (in CO_2) keine derartige Anomalie. Entgegen einer sogleich zu besprechenden Rutherfordschen Erklärungsweise der weitreichenden Strahlen in O und N *möchte ich nun auf die Möglichkeit hinweisen, diese Strahlen als He-α-Strahlen zu deuten, die ihre höhere Energie dem Abspaltungsprozeß eines He-Kerns aus dem O- bzw. N-Kern verdanken.* Bei der Ungenauigkeit der Atomgewichte kann gegen eine derartige Annahme vom Standpunkt unserer Energie-Massenbilanz nichts ausgesagt werden. Betrachtet man He-α-Strahlen verschiedener Geschwindigkeit, so verhält sich bekanntlich ihre kinetische Energie wie die $^3/_2$te Potenz ihrer Reichweite; im obigen Fall ist also die Energie des Spaltstrahls in Masseneinheiten der Atomgewichtsskala ausgedrückt, um

$$((9/7)^{\frac{3}{2}} - 1) \cdot 0{,}009 = 0{,}0016$$

größer als die des spaltenden Strahls. Es ist nicht erforderlich, numerische Nachprüfungen anzustellen, um zu erkennen, daß ein so kleiner Energieposten wegen der weiten Fehlergrenzen der Atomgewichte bei unserer Energiebilanz nicht ins Gewicht fällt. Bei dieser Auffassung besteht freilich eine Schwierigkeit darin, anzunehmen, daß das Endprodukt energieärmer, also stabiler ist als der ursprüngliche Kern. Doch findet sich die gleiche Schwierigkeit bei den radioaktiven Elementen; allerdings findet hier ein selbsttätiger Übergang in die energieärmere Form statt. Ob die Existenz selbsttätigen Zerfalls eine notwendige Folge einer solchen positiven Energiedifferenz ist, bleibe dabei dahingestellt.

Rutherfords Erklärungsweise stützt sich wesentlich auf eine für α-Strahlen beliebiger Herkunft und Natur geltende Reichweitenformel, die er in speziellerer Form aus einer Bohrschen Betrachtung ableitet, die wir aber sogleich in allgemeinster von ihm angewendeter Form angeben wollen. Sei R die im gleichen Medium, z. B. in Luft, gemessene Reichweite dieser Strahlen, M, E, V ihre jeweilige Masse, Ladung und Geschwindigkeit, so findet er:

$$R = \alpha \cdot \frac{M}{E^2} \cdot V^3.$$

Darin bedeutet α eine nur noch von der Natur des durchlaufenen Mediums abhängende Konstante; sie kann etwa bestimmt werden durch Einsetzen der bekannten Daten für die α-Strahlen des RaC. Statt der dritten Potenz der Geschwindigkeit setzt *Rutherford* die 2,85te Potenz, wofür sich empirische Gründe angeben ließen.

Nun nimmt *Rutherford* an, daß die schnellen Strahlen in Sauerstoff aus *O-Atomen*, d. h. O-Kernen mit Elektronenhülle bestehen. Aus einer einfachen Stoßbetrachtung entnimmt er dann, daß die Geschwindigkeit der O-Atome höchstens gleich 0,4 der der stoßenden He-α-Strahlen ist. Einsetzen dieses Wertes und desjenigen für die Masse M ergibt unter Annahme einer Ladung E des O-Atoms für das Verhältnis der Reichweite R_O des O-Atoms zu derjenigen R_{He} des He-α-Strahls $R_O : R_{He} = 4 \cdot (0{,}4)^3 \cdot 4/E^2 \sim 1/E^2$, wenn E in Einheiten der positiven Elementarladung ausgedrückt wird. Mit Rücksicht auf die Potenz 2,85 statt 3 ergeben sich bei *Rutherford* ein wenig größere Werte; für $E = 1$ hat man $R_O/R_{He} = 1{,}1$, d. h. $R_O = 7{,}8$ cm. Nur wenn die Ladung des O-Atoms gleich 1 gesetzt wird, kann formal aus obiger Reichweitenbeziehung etwa die zu fordernde große Reichweite von 9 cm erreicht werden. Abgesehen davon, daß es zweifelhaft erscheint, ob die Bohrsche Betrachtung, die sich auf punktförmig konzentrierte Ladung des α-Teilchens bezieht, die große bei *Rutherford* vorgenommene Extrapolation zuläßt, liegt eine große Schwierigkeit für die physikalische Auffassung darin, anzunehmen, daß das O-Atom imstande sein soll, unbehelligt seine Elektronenhülle bis auf ein Elektron mit sich durch das Gas hindurchzuführen. Um so größer wäre allerdings der Gewinn an physikalischer Einsicht, wenn sich *Rutherfords* Auffassung an Hand weiterer Versuche bestätigen sollte.

Für N und C ergeben sich aus der gleichen Rutherfordschen Berechnungsweise $R_N \doteq 9{,}3$ cm, $R_C = 11{,}2$ cm. Wie schon bemerkt, zeigt der Kohlenstoff nicht die hiernach zu erwartende Anomalie; deshalb nimmt *Rutherford* an, daß es keine einfach geladenen C-Atom-α-Strahlen gibt. Nach unserer obigen Formel nimmt ja die Reichweite umgekehrt mit dem Quadrat der Ladung ab. Ein O-, N- oder C-*Kern*, als den wir am ehesten die betreffenden α-Strahlen vermuten würden, hätte also wegen der hohen Ladung eine gegen die des RaC-α-Strahls verschwindende Reichweite.

Läßt man schon zu, daß die Elektronenhülle des Atoms mitgeführt wird, so könnten auch ungeladene α-Strahlen existieren. An der Rutherfordschen Formel beurteilt, müßte deren Reichweite jedenfalls außerordentlich groß sein; solche sind aber nicht beobachtet. Aus diesen Gründen haben wir im obigen versucht, die Entstehung der weitreichenden Strahlen in O (bzw. N) in anderer Weise zu deuten.

4. Elementare Ableitung der Rutherfordschen Reichweitenformel.

Bei der Bedeutung, die der obigen Formel in *Rutherfords* Betrachtungen zukommt, mag der hier mitzuteilende Versuch nicht uninteressant sein, die wichtige Beziehung mit einem Minimum von theoretischen Voraussetzungen und unter möglichst weitgehender Benutzung empirischer Gesetzmäßigkeiten abzuleiten, während sie bei *Rutherford* aus einer theoretischen Untersuchung von *Bohr*[1]) über die Geschwindigkeitsabnahme der α-Strahlen gefolgert wird.

Wir setzen als bekannt und für alle Medien gültig voraus die empirisch ermittelte Beziehung zwischen der vom α-Strahl schon zurückgelegten Strecke r, seiner maximalen Reichweite R und der an der Stelle r noch herrschenden Geschwindigkeit v, nämlich[2]) $a\ (R-r) = v^3$. Der Faktor a soll im folgenden näher bestimmt werden. Bezeichnet man mit W die kinetische Energie des α-Strahls an der Stelle r, so kann man leicht durch Differentiation aus diesem Gesetz die Energieabnahme des α-Strahls pro Zentimeter ableiten:

$$\frac{\mathrm{d}W}{\mathrm{d}r} = \frac{a \cdot M}{3} \cdot \frac{1}{v}.$$

Wenn man sich vorstellt, daß diese Energieabnahme durch Ionisation des durchlaufenen Mediums zustande kommt, so hat man also nur die Zahl der gebildeten Ionen zu beurteilen. Es mögen nun α-Strahlen von zwar gleicher Ladung und Geschwindigkeit, aber von verschiedener Masse durch das gleiche Medium geschickt werden; in jedem Fall soll aber die Energie des Strahls so groß sein, daß der Energieverlust bei einem Ionisationsakt dagegen völlig verschwindet. Dann wird also auf eine kurze Strecke die Geschwindigkeit des α-Teilchens nahezu ungeändert sein. Nun kann offenbar die Zahl der Ionisierungsprozesse nur abhängen von den elektrischen Kräften und der raumzeitlichen Lage des α-Teilchens gegenüber den Atomen des durchlaufenen Mediums. Von den Teilchen gleicher Ladung und Geschwindigkeit und verschiedener Masse werden also auf der Strecke dr gleichviele Ionisationsprozesse verursacht werden, d. h. dW/dr muß von der Masse unabhängig sein und demnach a prop. $1/M$.

Schwieriger ist es, bei gleicher Masse und Geschwindigkeit den Einfluß verschiedener Ladung zu beurteilen. Wir können bloß allgemein vermuten, daß mit zunehmender Ladung die Zahl der Ionisationsprozesse zunimmt. Sei e die Ladung des Elektrons und E die des Teilchens, so wird man daher ansetzen $a = \frac{1}{M} f\left(\frac{E}{e}\right)$ und wird versuchen, die Funktion möglichst einfach zu wählen und im Anschluß an vorliegende Daten zu bestimmen. Als solche wollen wir die Reichweite R_{H} der H-α-Strahlen heranziehen, die in Luft 28 cm beträgt, und sie zu derjenigen der He-α-Strahlen des RaC von $R_{\mathrm{He}} = 7$ cm Reichweite in Vergleich setzen. Die beim Zusammenstoß entstehende maximale Geschwindigkeit V der H-α-Strahlen ist, wie eine einfache bei *Rutherford* durchgeführte Stoßbetrachtung lehrt, 1,6 mal der Geschwindigkeit V_0 der H_e-α-Strahlen. Durch Einsetzen dieser Werte in unsere Ausgangsbeziehung $a\,R = V^3 = \frac{R}{M} \cdot f\left(\frac{E}{e}\right)$ und Berechnung von $R_{\mathrm{H}} : R_{\mathrm{He}}$ finden wir so, daß nahezu $f(2) = 4\,f(1)$, d. h. man wird f prop. $(E/e)^2$ setzen und gelangt damit zu dem Rutherfordschen Ausdruck. Die Rutherfordsche Potenz 2,85 statt 3 ist so gewählt, daß exakt $f(2) = 4\,f(1)$ herauskommt.

Zusammenfassung.

Indem wir nachdrücklich auf die in der Natur der Sache liegende Unsicherheit unserer obigen Betrachtungen hinweisen, wollen wir zusammenfassend als Ergebnis des Vorstehenden folgendes feststellen:

1. *Rutherfords* Ergebnisse legen die Annahme nahe, daß gemäß der *Prout*schen Hypothese die Kerne aus H-Kernen (und Elektronen) aufgebaut sind. Die Abweichung der Atomgewichte von den Vielfachen des Wasserstoffs kann gemäß der relativistischen Beziehung zwischen Masse und Energie als Verschiedenheit der Energieinhalte gedeutet werden.

2. Es werden die energetischen Voraussetzungen für Beständigkeit bzw. Zerspaltbarkeit eines Kerns entwickelt. Die Anwendung auf den He-Kern macht dessen Stabilität verständlich. Diejenige auf Stickstoff ist weniger eindeutig, doch läßt sie die Unbeständigkeit dieses Kerns durchaus erklärlich erscheinen.

3. Auch bei Sauerstoff liegen die energetischen Voraussetzungen für einen Zerfall vor. Es wird im Gegensatz zu *Rutherfords* Auffassung eine Deutung der weitreichenden Strahlen in Sauerstoff als hochgeschwinde H_e-α-Strahlen (Produkte einer O-Zerspaltung) in Vorschlag gebracht.

4. Die Rutherfordsche Reichweitenformel wird in ihrer Anwendung auf die weitreichenden Strahlen in Sauerstoff kritisch geprüft und eine elementare Ableitung der Formel angegeben.

---

[1]) *N. Bohr*, Phil. Mag. 25, S. 10, 1913.

[2]) Vgl. Handbuch der Radiologie Bd. *II*, *E. Rutherford*, Radioaktive Substanzen und ihre Strahlungen, S. 119, 1913.

Magnetische und luftelektrische Arbeiten der Carnegie Institution von 1916 bis 1918.

Von A. Nippoldt und K. Kähler, Berlin-Potsdam.

Im Anschluß an die früheren Mitteilungen in dieser Zeitschrift[1]) über die Arbeiten der erdmagnetischen Abteilung der Carnegie Institution bringen wir hier das Wesentlichste über ihre spätere Tätigkeit, und zwar an Hand der soeben eingelaufenen Jahresberichte des Direktors *L. A. Bauer* über die Kriegsjahre 1916, 1917 und 1918. Da in immer größerem Umfang luftelektrische Arbeiten zu den magnetischen hinzugetreten sind, und gerade ihnen ein besonderer Wert zuzumessen ist, wird die Besprechung in einen den magnetischen und einen den elektrischen Arbeiten gewidmeten Anteil getrennt.

A. Allgemeines und Erdmagnetismus.

Das schwimmende magnetische Observatorium, d. i. das eisenfreie Vermessungsschiff „Carnegie", konnte in den ersten Kriegsjahren seine Arbeiten auf dem Meere fortsetzen, nur von März bis November 1917 war es genötigt, in Buenos Aires vor Anker zu liegen. Die Zeit hat die Besatzung benutzt, um im Hinterland magnetische Aufnahmen durchzuführen. Von den Einzelreisen ist die bemerkenswerteste eine volle Umsegelung der Südpolarkappe etwa in der Höhe des 50. Breitenkreises; auf dieser Reise fanden sich südwestlich von Australien die größten Fehler der seither gültigen magnetischen Kartenwerke; sie gehen hier bis zu 16 ° in Deklination. Der große Ozean wurde wiederum zweimal durchfahren. Kreuzungen mit früheren Routen der „Carnegie", der „Galilee" oder anderen Expeditionen lieferten neue Werte der Säkularvariation, auf deren seither ungenügender Kenntnis die Kartenfehler in erster Linie beruhen.

Die von der Carnegie Institution vorgenommenen oder unterstützten Beobachtungen an Land sind ebenfalls erheblich gefördert worden, so besonders in China, im Kongostaat, auf den australischen Inseln, Südamerika, Deutsch-Südwestafrika und Westaustralien. In Westaustralien wurde ein neues magnetisches Observatorium eingerichtet; für ein weiteres in Peru sind die Vorarbeiten in Angriff genommen.

Von den „Ergebnissen" ist in dieser Zeitschrift der 2. Band ausführlich besprochen worden. Band III erschien 1917 und enthält die Beobachtungen auf der Galilee und jene auf der Carnegie aus den Jahren 1909—16 sowie die genaue Beschreibung der neuartigen Schiffsmagnetometer; der Band IV ist im Druck.

Die erste magnetische Aufnahme der Weltmeere wird jetzt als beendet erklärt. Weiterhin soll nur die Säkularvariation an geeigneten Punkten unter Überwachung gehalten werden. Für die der Carnegie unzugänglichen Polarmeere soll anderweit Vorkehrung für ihre Vermessung getroffen werden. Die Veröffentlichung neuer magnetischer Weltkarten steht bevor.

Der Jahresbericht enthält eine Fülle von Mitteilungen über Untersuchungen wissenschaftlicher Einzelfragen. So findet *L. A. Bauer* eine enge Beziehung zwischen dem magnetischen Feld auf der Erde und der Sonnenstrahlung. In 80 % ist mit einer steigenden Intensität der Solarkonstante eine Abnahme der Intensität des magnetischen Feldes verbunden, und zwar liegt die Ursache außerhalb der Erde, ist also nicht ein thermischer Effekt auf den Erdkörper. Im übrigen würden durch die in der Meteorologie angewandten Methoden zur Messung der Sonnenstrahlung deren Energieumsetzungen nicht voll erfaßt: es müsse das Magnetometer hinzutreten. Auch die Flecken- und Fackelhäufigkeit, die Calciumflocken usw. gäben kein so volles Bild wie die Messungen der Solarkonstanten nach *Abbots* Verfahren auf dem Mount Wilson.

Die steten, bisher leider immer noch einer vollen Befriedigung entbehrenden Bemühungen, das Wesen der Erdmagnetisierung zu ergründen, finden wichtige Förderungen in verschiedenen Arbeiten. So betrachtet *W. F. G. Swann* das in der Umgebung einer geladenen Kugel bei der Rotation entstehende magnetische und elektrische Feld. Es könnte sein, daß die Zentrifugalkraft die freien Elektronen von der Achse forttreibt, bis die damit entstehenden elektrostatischen Kräfte gegen den Atomrest Gleichgewicht hervorrufen. Auch könnte die Schwerkraft sie gegen das Erdzentrum treiben. Beides wäre mit einem magnetischen Feld äquivalent. Die Größenordnung der Felder ergibt sich aber zu klein und auch der Sinn der Einwirkung nicht in Einklang mit den tatsächlichen Verhältnissen auf der Erde. Besser sieht es mit der Annahme eines *Thomson*effekts aus, der wegen des Temperaturgefälles zwischen Erdinnern und Rinde vorhanden sein muß; hier ist wenigstens qualitativ die Wirklichkeit wiederzugeben. *Bauer* befaßt sich mit der verwandten Aufgabe des Planetenmagnetismus. Indem er das magnetische Moment der Himmelskörper als eine Funktion ihrer Winkelgeschwindigkeit, Dimensionen, Dichte und Schwerebeschleunigung darstellt, bekommt er die Verhältnisse der Momente zu einem Vergleichskörper (der Sonne oder der Erde). Danach hat der Merkur 0,2, Jupiter 68, Saturn 24 × Moment der Erde. Die Sonne hat, nach *Hales* neuesten Messungen, das Feld 40 × Erde. Mithin ist Jupiter noch stärker magnetisiert als die Sonne[1]).

Bauers Untersuchungen über den Einfluß der totalen Sonnenfinsternis auf den Erdmagnetismus bestätigen die Erfahrung früherer Untersuchungen, daß innerhalb der Totalitätszone und

[1]) Zuletzt Bd. 4, 124—125, 1916.

[1]) *Bauer* erwähnt noch den alten, jetzt verbesserten Wert 80 × Erde.

Die Reisewege der Vermessungsschiffe Galilee (1, 2, 3) und Carnegie (I, II, III, IV)
Die vereinzelten Punkt

erdmagnetischen Abteilung der Carnegie Institution von 1905 bis 1918 (Oktober).
deuten Landstationen.

nur in ihr eine kleine aber deutliche Variation stattfindet, die von der Art des üblichen Einflusses der Nacht ist. Das Material bildeten diesmal die Beobachtungen am 21. August 1914 und am 8. Juni 1918; namentlich die zweite Finsternis, deren Totalitätszone mitten durch die Union lief, vertieft unsere Kenntnisse in dieser Frage beträchtlich.

Neben der überwiegenden elektrischen Strahlung der Sonne kommt sicher auch noch die ultraviolette als Ionisator der obersten Luftschichten in Betracht. *W. F. G. Swann* untersucht ihre Beteiligung quantitativ und findet, daß nur $1{,}6 \cdot 10^{-5}$ der totalen Sonnenstrahlung ionisierend wirkt. Von der Leitfähigkeit, welche *A. Schuster* abschätzte, um damit die täglichen Veränderungen des erdmagnetischen Felds zu erklären, bringt die ultraviolette Bestrahlung danach nur 10^{-3}. Dieser Wert wird aber größer, wenn statt einer 300 km dicken Kugelschale die ganze Atmosphäre berücksichtigt wird.

Aus der Fülle des weiteren Materials sei nur kurz hervorgehoben, daß wir noch wertvolle Angaben über Konstruktion neuer Instrumente, z. B. eines Galvanometers für Beobachtungen an Bord vorfinden, ferner Vergleichsmessungen mit anderen Observatorien und anderen Reiseunternehmungen, daß an den Bau eines eisenfreien Luftschiffs für magnetische Messungen gedacht wird (hier wird besonders auf *Bidlingmaiers* dynamische Deviation des Schiffskompasses hingewiesen) und daß schließlich auch der vertikalen Komponente des Erdstroms die lange versagte Aufmerksamkeit entgegen gebracht wird.

Hierzu kommen noch die wichtigen zahlenmäßigen Ergebnisse der Vermessungsreise, besonders eine Tabelle der Säkularvariationen auf dem Meer.

B. Luftelektrizität.

Schon seit Beginn der magnetischen Ozeanmessungen war die magnetische Abteilung der Carnegie-Institution bestrebt, auch andere wissenschaftliche Untersuchungen in ihr Arbeitsprogramm aufzunehmen. „In engem Zusammenhang mit dem Erdmagnetismus steht die Erdelektrizität, welche die Erdströme, die Erdladung und das Leitvermögen der Luft umfaßt.“ Luftelektrische Beobachtungen auf den großen Wasserflächen der Erde sind ganz besonders wichtig, nicht nur weil die Ozeane den größten Teil der Erdoberfläche bedecken, sondern auch weil man auf ihnen frei von den vielen störenden Einflüssen über Land ist. Je mehr die magnetische Vermessung sich ihrem Abschluß näherte, um so mehr traten die luftelektrischen Messungen in den Vordergrund. Hand in Hand damit ging eine Vervollkommnung der Meßgeräte. Auch auf der Basisstation in Washington ist mit photographischen Registrierungen des Potentialgefälles Luft — Erde und des Leitvermögens begonnen worden.

L. A. Bauer und *Swann* besprechen im Bericht für 1916 sowie ausführlicher im III. Band der Veröffentlichungen der Carnegie-Institution (1917) die gesamten Ergebnisse luftelektrischer Beobachtungen auf der „Galilee“ 1907—1908 und auf der „Carnegie“ seit 1909. Im Bericht für 1917 setzt *Swann* diese Mitteilungen fort. Vor allem die 4. Fahrt der „Carnegie“ 1915—1917 hat eine Reihe wertvoller Resultate gebracht. Für die luftelektrischen Messungen und zur Unterbringung der Instrumente wurde auf dem Schiff ein eigenes Beobachtungshaus erbaut. Außer den meteorologischen Elementen (Temperatur, Luftdruck, Feuchtigkeit, Bewölkung und Wind) sind regelmäßig täglich mindestens einmal fortlaufend 6 luftelektrische Elemente gemessen worden:

Die magnetometrische Arbeit der Schiffe Galilee und Carnegie von 1905—1918 (Juni).

Name des Schiffes und Nummer der Expedition	Anzahl der		Anzahl der ausgeführten Messungen			Mittl. Zeitabstand zweier Messungen — in Tagen			Mittlerer Ortsabstand zweier Mess. — in Meilen		
	Exped.-tage	zurückgelegten Seemeilen	Deklination	Inklination	Horizontalintensität	Deklination	Inklination	Horizontalintensität	Deklination	Inklination	Horizontalintensität
Galilee:											
Expedition I, 1905	92	10 571	74	58	59	1,2	1,6	1,6	143	182	179
„ II, 1906	168	16 286	95	88	91	1,8	1,9	1,8	171	185	179
„ III, 1906/08 ...	334	36 977	156	169	171	2,1	2,0	2,0	237	219	216
Insgesamt für *Galilee* ...	594	63 834	325	315	321	1,8	1,9	1,9	196	203	199
Carnegie:											
Expedition I, 1909/10 ...	96	9 600	98	68	69	1,0	1,4	1,4	98	141	139
„ II, 1910/13 ...	798	92 829	858	648	643	0,9	1,2	1,2	103	143	144
„ III, 1914	84	9 560	108	81	80	0,8	1,0	1,0	89	118	119
„ IV, 1915/17 ...	487	63 401	867	480	479	0,6	1,0	1,0	73	132	132
„ V, 1917/18 ...	122	13 786	224	116	116	0,5	1,1	1,1	62	119	119
Insgesamt für *Carnegie*..	1587	189 176	2155	1393	1387	0,7	1,1	1,1	88	136	136
Insgesamt für *Carnegie* und *Galilee*.....	2181	253 010	2480	1708	1708	0,9	1,3	1,3	102	148	148

1. *Die Größe des elektrischen Feldes der Erde über den Ozeanen.* Die älteren Messungen des Potentialgefälles ergaben nur unsichere relative Werte, weil das Feld um das Schiff infolge der Schiffsbewegungen, der Veränderungen der Segel usw. steten Schwankungen unterworfen war. *Swann* bediente sich zur absoluten Messung eines Kunstgriffes, den schon *Angenheister* im Indischen Ozean angewandt hatte, und der auf der Influenzwirkung einer sog. „mechanischen Elektrode" beruht: Der am Querarm eines Bambusstabes am Heck des Schiffes angebrachte Ionium-Kollektor wird schnell um 180° gedreht, und aus dem Ausschlag des mit ihm verbundenen Elektrometers das Potentialgefälle berechnet. Die Reduktionsmessungen auf die freie Ebene sind wie bisher im Hafen mit Hilfe von gleichzeitigen Landbeobachtungen ausgeführt worden. Auf diese Weise wurden zum ersten Mal einwandfreie und sich über eine längere Zeit erstreckende Werte des Potentialgefälles auf den Ozeanen erhalten. Als Mittelwert für das Sommerhalbjahr 1915 auf dem Stillen Ozean fand sich 109 Volt pro Meter, bei der Umsegelung der Erde in etwa 50° südl. Breite 1915/16 119 Volt und von Mai 1916 bis März 1917 auf dem Stillen Ozean 134 Volt, also Werte, die kaum kleiner sind als die in gleicher Breite über Land gefundenen. Der tägliche Gang des Potentialgefälles ergab eine flache Doppelwelle von etwa ein Drittel der Amplitude wie auf dem Festland, bisweilen auch eher eine einfache tägliche Periode.

Interessant ist das Ergebnis, daß negative Felder über dem Ozean auch bei Regen, wo sie bekanntlich über Land regelmäßig auftreten, selten sind. Die Lenardwirkung ist also über Wasser nicht vorhanden oder kehrt sich infolge des Salzgehalts des Meerwassers im Vorzeichen um.

2. *Das elektrische Leitvermögen der Luft über den Ozeanen.* Messungen mit dem Gerdienschen Apparat liegen schon seit den ersten Fahrten der „Galilee" und „Carnegie" vor. Jetzt ist der Apparat fest in das Dach des luftelektrischen Beobachtungshauses eingebaut und auch sonst sind alle Vorsichtsmaßregeln getroffen, um Fehler zu vermeiden, die ja, wie *Swann* und *Hewlett* gezeigt haben, unter Umständen recht beträchtlich werden können. Die Ergebnisse der drei Meßperioden der 4. Fahrt sind für das Gesamtleitvermögen 2,7, 2,4 und $2{,}4 \times 10^{-4}$ elektrostatische Einheiten, also ebenfalls von derselben Größenordnung wie über Land. Das Verhältnis des positiven zum negativen Leitvermögen war etwa 1,2.

Aus dem Potentialgefälle und dem Leitvermögen ergibt sich ein mittlerer vertikaler Leitungsstrom Luft—Erde von 3,1 bis $3{,}2 \times 10^{-16}$ Amp. auf 1 qcm. Das sind Werte, die eher noch größer sind als auf dem Festland.

Im Bericht von 1917 beschreibt *Swann* eine photographische Registriervorrichtung des Gerdienschen Apparates zur Messung des Leitvermögens. Den durch die radioaktiven Bestandteile der Luft entstehenden Fehler bestimmt er durch einen vorgeschalteten zeitweise aufgeladenen Hilfskondensator. Dadurch kann er gleichzeitig Schlüsse auf die Träger mittlerer Beweglichkeit (etwa 0,1 cm/sek für 1 Volt/cm) ziehen. Es ergibt sich, daß diese Träger in Washington oft nachts und bei Regen in ungeahnt großen Mengen vorhanden sind.

3. *Die Anzahl der leichtbeweglichen Träger (Ionen) über den Ozeanen.* Die Messungen wurden mit dem Ebertschen Aspirationsapparat, der ebenfalls in das Beobachtungshaus fest eingebaut ist, ausgeführt. Die große Meßzeit von 15 und mehr Minuten wird dadurch stark verringert, daß nicht wie üblich die Achse, sondern der von einem Erdschutz umgebene Außenzylinder aufgeladen und das Heranwandern der Träger an die Achse mit einem empfindlichen Einfadenelektrometer gemessen wird. Für die Anzahl der positiven Träger im ccm ergaben sich 1915—1917 die Zahlen 811, 792 und 804; für die negativen 692, 651 und 589, also recht hohe Werte. Aus der Zahl 800 folgt, daß in der Luft über dem Stillen Ozean von den Elektrizität erzeugenden Kräften pro ccm und Sekunde dauernd 1½ Träger erzeugt werden. Der tägliche Gang der Trägerzahl weist einen flachen Tiefstwert gegen Mitternacht, einen ebenso flachen Höchstwert von 2 bis 6 Uhr nachmittags auf. Diese Schwankung ist also viel geringer als über Land, wo doppelte und dreifache Tagesgänge die Regel sind.

Die Wanderungsgeschwindigkeit der positiven und negativen Träger ergab sich nach der Macheschen Methode bei beiden zu etwa 1,3 cm/sek für ein Feld von 1 Volt/cm.

4. *Die Messung der durchdringenden Strahlung* erfolgte in einem geschlossenen Metallgefäß von 27 Litern Inhalt mit Einfadenelektrometer. Im Jahre 1915/16 fand sich der Mittelwert 3.8 Träger pro ccm und Sekunde, 1916/17 3,4 gegenüber einem Mittelwert über dem Festland von etwa 6. Die durchdringende Strahlung ist also zwar wesentlich kleiner als über dem Festlande, kommt aber für die Elektrisierung der Luft über Wasser noch stark in Betracht. Schätzungsweise entfallen von den 3½ Trägern etwa 1½ auf die von außen aus der Atmosphäre durch das Metall des Meßgefäßes dringende Strahlung, der Rest (2) ist Eigenstrahlung des Meßgefäßes.

5. *Gehalt der Luft über den Ozeanen an radioaktiven Stoffen.* Bei den ersten Fahrten war nach der Elster- und Geitelschen Methode mittelst ausgespannter negativ geladener Kupferdrähte die „Aktivierungszahl" bestimmt worden. Dann hatte *Swann* sich bemüht, diese relative Methode in eine absolute zu verwandeln. Jetzt wird auf der „Carnegie" nach dem Gerdienschen Verfahren gemessen, indem die Luft in einen Zylinderkondensator mit negativ geladener Achse gesaugt wird. Diese Metallachse wird nachher abgerollt und in einer „Ionisierungskammer" auf ihr Leitvermögen untersucht. So fand sich im Sommer 1915 ein

Emanationsgehalt der Ozeanluft von $3{,}3 \times 10^{-18}$ Curie pro ccm[1]), 1915/16 während der Erdumsegelung in 50°—60° s. Br. nur 0,4 und 1916/17 wieder auf dem Stillen Ozean 2,8. Da der über dem Festland in Europa und Nordamerika gemessene Emanationsgehalt der Luft etwa 80×10^{-18} Curie/ccm beträgt, ist also die Ozeanluft ganz arm an radioaktiven Bestandteilen. Sie können nur sehr wenig beitragen zu der aus der Trägerzahl berechneten Ionisierungsstärke von 1½ Trägern pro ccm und Sekunde.

6. *Der Gehalt des Meereswassers an radioaktiven Stoffen. Hewlett* veröffentlicht im Bericht 1917 die Ergebnisse von Bestimmungen des Emanationsgehalts des Wassers, die nach der Jolyschen Methode an eingedampften Salzproben ausgeführt wurden. Danach ist mitten im Stillen Ozean der Gehalt gleich Null, während andere Beobachter in der Nähe von Küsten etwa 10^{-15} Curie pro ccm gefunden hatten.

Schlußfolgerungen. Die Messungen auf der „Carnegie" haben also das wichtige Ergebnis geliefert, daß Potentialgefälle Luft gegen Erde, Leitvermögen der Luft, Leitungsstrom von Luft zur Erde und Anzahl der leichtbeweglichen Träger über den großen Wasserflächen der Erde mindestens ebenso groß sind als über dem Festland. Geringer ist die durchdringende Strahlung, wesentlich kleiner der Gehalt der Luft an radioaktiven Stoffen. *Swann* zieht selbst in zwei Arbeiten, „Das normale elektrische Feld der Erde" und „Über den Ursprung der negativen Erdladung", die ebenfalls in den Berichten 1916 und 1917 enthalten sind, eine Reihe von Folgerungen aus diesem Meßergebnis. Die Hauptquelle der Elektrisierung in den untersten Luftschichten über dem Festlande bleiben die radioaktiven Bestandteile des Erdbodens und der Atmosphäre. Sie reichen mehr als aus, um die mit dem Ebertschen Apparat gemessenen leichtbeweglichen sowie auch die mittel- und schwerbeweglichen Träger zu erklären. Über See dagegen kommen die radioaktiven Bestandteile des Meeres und der Luft so gut wie gar nicht in Betracht. Der einzige Ionisator ist hier die durchdringende Strahlung, die, wie wir gesehen haben, aber nur gerade ausreicht, um die Anzahl der mit dem Ebertapparat gemessenen leichtbeweglichen Träger zu erzeugen. Demnach müßten, was nicht gerade wahrscheinlich ist, über dem Ozean alle mittel- und schwerbeweglichen Träger, d. h. alle Träger, die an Wasser- oder Staubteilchen der Luft gelagert sind, fehlen.

Um die negative Erdladung zu erklären, die ja das Grundproblem der luftelektrischen Forschung bildet, knüpft *Swann* an eine zuerst von *Simpson* im Jahre 1904 auf die Luftelektrizität angewandte Vorstellung an, wonach von außen, etwa von der Sonne, positive und negative Strahlen in die Erdatmosphäre gelangen, von denen die positiven stärker absorbiert werden, während die negativen zum Teil die Erdoberfläche erreichen sollen. *Swann* denkt an eine sehr durchdringende γ-Strahlung noch rätselhaften Ursprungs, die dauernd in der Richtung Luft—Erde eine sehr harte (negativ geladene) β-Strahlung erzeugt, die Luftschichten stark leitend macht und die negative Ladung und damit das ganze elektrische Feld der Erde hervorruft. Der Absorptionskoeffizient dieser γ-Strahlen müßte jedoch sehr viel kleiner sein als die aller bisher bekannten Strahlung. Erwähnt sei noch, daß *v. Schweidler* (1918) vergeblich versucht hat, mit empfindlichem Meßgerät ein negatives Aufladen eines Körpers am Erdboden nachzuweisen.

[1]) 1 „Curie" ist die Emanationsmenge, die man durch 1 g metallisches Radium erhalten kann.

Besprechungen.

Bleuler, E., Das autistisch-undisziplinierte Denken in der Medizin und seine Überwindung. Berlin, Jul. Springer, 1919. IV, 207 S. Preis M. 14,—.

Im Jahre 1877 hielt *Helmholtz* in Berlin eine Rede über *„Das Denken in der Medizin"*. In dieser Rede wird in jener klassischen Form, die wir an allen allgemein verständlichen Vorträgen von *Helmholtz* bewundern, in großzügiger Art die Entwicklung der wissenschaftlichen Medizin von ihren Anfängen an besprochen und am Schlusse darauf hingewiesen, daß „jeder wissenschaftliche Forscher auch das Hauptinstrument, mit dem er arbeitet, das menschliche Denken nach seiner Leistungsfähigkeit genau studieren müsse". „Auf die Kenntnis der Gesetze der psychischen Vorgänge müßte der Arzt, der Staatsmann, der Jurist, der Geistliche und der Lehrer bauen können, wenn sie eine wahrhaft *wissenschaftliche* Begründung ihrer praktischen Tätigkeit gewinnen wollten."

Es ist somit sehr zu begrüßen, wenn gerade ein Vertreter der Psychiatrie, die sich in erster Linie von allen medizinischen Einzelfächern mit der Seelenkenntnis zu befassen hat, sich von neuem mit dem Denken in der Medizin beschäftigt.

Das Buch des bekannten Seelenarztes Prof. *Bleuler* behandelt ausführlich das von ihm sogenannte *„autistisch-undisziplinierte"* Denken in der Medizin. Eine kurze Erklärung des neugeschaffenen Fremdwortes „autistisch" wird nicht gegeben. Es wird aber darunter ein Denken verstanden, das auf die Grenzen der Erfahrung, auf eine Kontrolle der Ergebnisse an der Wirklichkeit und „eine logische Kritik" verzichtet, das in gewissem Sinne geradezu identisch ist mit dem Denken im Traum. Man kann es also meines Erachtens mit *befangenem* und *unkritischem* Denken gleichsetzen, wenn man nicht das Wort *Mommsens* vom voraussetzungslosen Denken vorzieht, gegen das aber begründete Bedenken geltend gemacht werden können. Das bloße „nachlässige" Denken unterscheidet sich nach *Bleuler* von dem autistischen Denken durch das *Triebhafte*, was bei dem letzteren mitspielt. Und zwar ist es oft der Trieb zum Helfen und Handeln, der bei dem Arzt eine so berechtigte Rolle spielt, der auch oft sehr rasch befriedigt werden muß, so daß ein streng wissenschaftliches und kritisches Denken oft mehr unterdrückt wird als auf anderem wissenschaftlichen und praktischen Gebiete. Ich glaube darum, daß sich viel häufiger als *Bleuler* annimmt, viele Ärzte dieses unkritischen und ungenauen Denkens voll bewußt sind, daß sie

also recht häufig nur „autistisch" *handeln*, aber nicht autistisch denken. So müssen sie auch oft von der von *Bleuler* sogenannten *„Udenotherapie"* absehen. Diese besteht darin, daß man nichts tut, sondern dem Kranken nur sagt, es sei bei seiner Krankheit kein Mittel nötig.

Bleuler bespricht nun das „autistische" Denken nach den verschiedensten Richtungen hin, in bezug auf die Behandlung der Krankheiten und ihre Vorbeugung, auf die Begriffsbildung in der Pathologie und die Ursachenlehre, auf die Statistik, die Unfallsbeurteilung, den medizinischen Unterricht und die medizinischen Veröffentlichungen.

In einem besonderen Kapitel behandelt er den „autistischen Aberglauben" in der Medizin in bezug auf *die Alkoholfrage*. Hier denkt der abstinente Autor aber selber autistisch. Denn seine Behauptung, daß man von dem Alkohol in Wirklichkeit nur dessen Schäden kenne und daß man von seinem etwaigen Nutzen nichts wisse, kann als ganz objektiv und über dem Streite der Parteien stehend nicht angesehen werden. Die appetitanregende Wirkung des Alkohols ist ebensowenig zu leugnen, wie die nützliche Wirkung auf die Erweiterung der peripheren Gefäße bei starker Kälteeinwirkung. Auch ist es recht autistisch gedacht, wenn behauptet wird, daß die *„meisten"* Ärzte wissen, daß die Forderung der Mäßigkeit „mindestens *seit den Tagen der Pyramidenbauten"* sich als eine der *„dümmsten Utopien"* erwiesen hat. Ein scharfes, „diszipliniertes" Denken, wie es *Bleuler* mit Recht verlangt, müßte zum sicheren oder gar mathematischen Beweise für diese Behauptung mindestens den statistischen Nachweis erbringen, daß eine Befragung aller Ärzte über diesen Punkt ergeben hat, daß wirklich die Mehrheit so denkt, wie *Bleuler* voraussetzt. Außerdem muß *erwiesen* werden, daß die Zeitbestimmung des Pyramidenbaus richtig ist.

Ebenso ist die Stellungnahme zu den Freudschen Lehren recht autistisch. Wer auch nur seine eigenen Träume genauer beobachtet hat, kommt im allgemeinen zu einer Ablehnung dieser Lehren, in denen die sexuelle Komponente eine viel zu große und zum Teil eine vollkommen phantastische Rolle spielt.

Auch in einer Reihe von anderen Fragen geht der Autor zu „autistisch" vor, so sehr man seiner Kritik auch vielfach beistimmen muß. So z. B. wenn er behauptet, beim eigentlichen „chronischen Magenkatarrh" käme praktisch „wohl allein" derjenige infolge von Alkoholgenuß in Betracht, als ob es nicht noch so manche andere häufige Ursache gäbe, wie Stauung bei Herzleiden, ungeeignete Kost usw. Oder wenn er behauptet, daß in einem Sanatorium, in dem hauptsächlich das sonst verpönte rohe Obst dargereicht wird, die Kranken dadurch sogar gemästet werden (S. 39)!

Die Frage, ob die Kuhmilch besser gekocht als ungekocht genossen wird, kann nicht bloß von dem Standpunkt des etwaigen Tuberkelbazillengehaltes der Milch der Kühe aus entschieden werden oder gar durch die Feststellung, daß ein Anstaltsdirektor ungeschädigt ungekochte Milch getrunken hat (S. 70), sondern doch vor allem im Hinblick auf die Schädigungen der Säuglinge durch sonstwie veränderte Milch.

Nach anderen Richtungen hin sind die kritischen Ausführungen des Verfassers durchaus richtig und wirken auch durch ihre vom gewöhnlichen akademischen Stil abweichende satirisch-amüsante Form. Es sei nur die Beurteilung der Elektrotherapie erwähnt, ferner die Ablehnung der übertriebenen Erzeugung von chemischen „Arzneimitteln" und von Nährpräparaten. Ebenso wendet sich der Verfasser mit Recht gegen die vielfach übliche Behandlung von Neurosen ohne Berücksichtigung des Wertes der Arbeit, ferner gegen manche „recht schlimme Begriffe" in der Pathologie, wie den der *Degeneration*.

Von besonderer Eigenart sind seine Ausführungen über die *„Wahrscheinlichkeit in der psychologischen Erkenntnis"*. Es wird versucht, die Motive unseres Handelns und unsere psychologischen Schlüsse ebenso den mathematischen Wahrscheinlichkeitsberechnungen zu unterwerfen, wie die Gesetze der gewöhnlichen physischen Kausalität. Von rein mathematischer Seite her werden diese Versuche durch Herrn Privatdozenten Dr. *Polya* beleuchtet. Sie sind in hohem Grade anregend und wertvoll und verdienen durchaus weiter ausgebaut zu werden.

Den Schluß des Buches bilden kritische Betrachtungen über die jetzige Art des medizinischen Studiums und über das medizinische Veröffentlichungswesen, Betrachtungen und Ausführungen, denen man in vielen Punkten zustimmen kann. Was aber z. B. gegen die humanistische Gymnasialvorbildung für Mediziner gesagt wird, ist gewiß gegenüber einer zu formalen und pedantischen Art dieses Unterrichts richtig, aber sonst anfechtbar. Zur Mathematik sind doch erfahrungsmäßig noch wenigere veranlagt als zu Sprachstudien. Und wenn gesagt wird, daß zu einem Arzte „gute Beobachtung, gute Kombinationsgabe, guter Verstand überhaupt und guter Charakter" gehört, und daß alle diese Dinge auf keinem Gymnasium erworben werden können, so gilt doch das auch für alle Arten der Schulausbildung in gleicher Weise. Ein Mann von der Beobachtungsgabe und dem Verstande von *Helmholtz* ist stets für das humanistische Gymnasium eingetreten. Seine Fähigkeiten zum Beobachten sowie die „Freiheit des Denkens" wurden gewiß nicht unterdrückt, wie das nach *Bleuler* an vielen Orten jetzt noch durch das „klassische Studium" „eher" geschehen soll. Und so haben auch viele mittelmäßig Begabte durch einen guten humanistisch-gymnasialen Unterricht schwerlich in der Ausbildung ihrer Verstandesfähigkeiten oder gar an ihrem Charakter Schaden erlitten.

Alles in allem also ein anregendes und tapfer gegen viele ärztliche Vorurteile ankämpfendes Buch, in fesselnder und oft mehr plaudernder Weise geschrieben, das sehr viele Ärzte gern lesen werden und dessen Verfasser es am wenigsten übelnehmen wird, wenn man auch seinen eigenen Behauptungen gegenüber ein möglichst kritisches, objektives, nicht „autistisches" Denken zur Anwendung bringt. *Friedr. Schultze, Bonn.*

Tschermak, A. v., Julius Bernsteins Lebensarbeit. Zugleich ein Beitrag zur Geschichte der neueren Biophysik. (Sonderabdruck aus Pflügers Arch. Bd. *174*.) Berlin, Julius Springer, 1919. 89 S. Preis M. 2,80.

Nach kurzer biographischer Einleitung entwirft *Tschermak* ein Bild der Lebensarbeit seines Lehrers *Bernstein* und nennt diese Darstellung mit Recht einen Beitrag zur Geschichte der neueren Biophysik, denn an der Entwicklung dieses Teiles der Physiologie hat *Bernstein*, dessen Arbeiten 1862 beginnen und 1916 enden, einen erheblichen Anteil. Verknüpft sich auch keine ganz große Entdeckung mit *Bernsteins* Namen, so hat er doch zahlreiche sehr wichtige Fragen, besonders solche der Elektrophysiologie, gefördert. Die Lehre von der „negativen Schwankung", d. h. vom Aktionsstrom steht im Mittelpunkt des wichtigsten Teils der Forscherarbeit *Bernsteins*. *B.* stellte die Fortleitung der Erregung in Form einer elektrischen

Welle im Nerven fest, diskutierte das Verhältnis des Aktionsstroms zur Muskeltätigkeit, förderte die Theorie der negativen Schwankung und stellte endlich seine Membrantheorie der bioelektrischen Erscheinungen auf.

Als zweite Gruppe von Arbeiten werden *Bernsteins* Untersuchungen zur Frage der Bewegungserscheinungen der lebendigen Substanz vorgeführt, in denen *B.* versucht hat, diese Erscheinungen auf Veränderungen der Oberflächenenergie zurückzuführen.

Die Arbeiten auf weiteren Gebieten (Herz, Kreislauf, Atmung, Sinnesorgane, Toxikologie) sind weniger tiefgreifend, zeigen aber überall den vielseitigen, kritischen Experimentalforscher.

Jeden Physiologen, aber auch wohl nur diesen, wird die Darstellung der Probleme, betrachtet vom Standpunkte des einzelnen an ihrer Erforschung beteiligten Meisters, interessieren. *A. Pütter, Bonn.*

Dembowski, J., Das Kontinuitätsprinzip und seine Bedeutung in der Biologie. Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik der Organismen, herausgegeben von *W. Roux*, Heft *21*. Berlin, J. Springer, 1919. 132 S. Preis M. 18,—.

Dembowski schildert in munterem Tone und skizzenhafter Form methodologische Unzulänglichkeiten über Deszendenz, Vererbung, Vererbung erworbener Eigenschaften, Mendelismus, organische Form, Ontogenese, Zellkern, Regeneration und Vitalismus. In bunter Folge wird, wie der Verfasser meint, manchmal „nichts Neues" gesagt und wohl „Gewagtes behauptet". Der leitende Grundgedanke ist: „Die Erscheinung ist immer einfach und immer kontinuierlich, weil die Diskontinuierlichkeit nur zur Untersuchungsmethode gehört." Indem wir mit diskontinuierlichen Arbeitsmethoden analysieren, zerreißen wir den gegebenen Zusammenhang der Erscheinungen. Die Folge davon sind unzutreffende Bilder der Natur und weiterhin aus den Fiktionen entspringende Scheinfragen. *Dembowskis* Verfahren ist einfach: „Jede Ansicht werden wir als hinfällig zu betrachten haben, für welche wir nachweisen können, daß sie dem Kontinuitätsprinzipe widerspricht."

Es wird dann vieles Treffende ausgeführt. Der Leser stößt aber auch auf methodologisch und sachlich unhaltbare Aussagen. Nur zwei Beispiele: „Die Aufgabe der Wissenschaft liegt nicht im Katalogisieren der Natur, sondern in der kausalen Erkenntnis der Erscheinungen." Sehr oft ist von der „formlosen, wenig differenzierten lebenden Substanz" die Rede. Von ihr „stammt die Form"; sie ist „materieller Träger der Entwicklung" und dergleichen.

Gewiß, Theorienergründung tut not. Der Referent hat nachdrücklich zur Prüfung der Gebilde biologischen Denkens aufgefordert und die Wege dazu gewiesen. Er möchte den vielbewanderten, wenn auch nicht immer mit den Quellen vertrauten Autor nicht entmutigen; aber der vorliegenden Schrift fehlt bei guten Ansätzen die Reife. *J. Schaxel, Jena.*

Physiologie und Ökologie. I. Botanischer Teil. (Kultur der Gegenwart, 3. Teil, 4. Abteilung, 3. Band *I.*) unter Redaktion von *G. Haberlandt*, bearbeitet von *Fr. Czapek, H. v. Guttenberg, E. Baur*. Leipzig, B. G. Teubner, 1917. Preis geh. M. 11,—, geb. M. 13,— (dazu die Teuerungszuschläge des Verlages und der Buchhandlungen).

Dieser von *G. Haberlandt* redigierte Band des bekannten Sammelwerkes stellt sich die Aufgabe, den Stand unserer gegenwärtigen Kenntnisse von der Physiologie und Ökologie der Pflanzen in lesbarer Darstellung zu schildern. Dabei wurde der Versuch gemacht, die exakte physiologische, vorwiegend kausale und die ökologische, vorwiegend teleologische Betrachtungsweise nicht in getrennten Kapiteln zu Worte kommen zu lassen, sondern die in der Botanik so innige und mannigfaltige Verknüpfung der beiden Disziplinen auch durch eine einheitliche Darstellung zum Ausdruck zu bringen, ein Versuch, der den Mitarbeitern ja auch z. T. gelungen ist.

Der Stoff ist in 5 Abschnitte gegliedert. Eine *Einleitung* aus *Czapeks* Feder macht den Leser mit der Eigenart der botanischen Physiologie und Ökologie, ihren Methoden und Zielen, ihren Abgrenzungen gegen andere Disziplinen und ihren Verflechtungen mit ihnen bekannt. Dann folgt ein Abschnitt über die *Ernährung der Pflanzen*, ebenfalls von *Czapek* verfaßt. Er ist nach dem Empfinden des Referenten der gelungenste Teil des Buches. *Czapek* weiß seine Darstellung so zu gestalten, daß sie in gleicher Weise den Fernerstehenden belehrt, als auch dem Fachmann Anregung bietet und vor allem beiden Lesern einen ästhetischen Genuß bereitet — ein Lob, das ja bekanntlich in der wissenschaftlichen Literatur nicht allzu häufig gespendet werden kann. Der Reiz der Darstellung liegt z. T. auch in der glücklichen Heranziehung geschichtlicher Hinweise.

H. v. Guttenberg schildert in einem kürzeren Abschnitt *Wachstum und Entwicklung*, in einem längeren die *Bewegungserscheinungen im Pflanzenreich*. Auch diese Kapitel sind ganz ansprechend und geben ein gutes Bild von dem Stande der botanischen Reizphysiologie. Daß sich in einzelnen Zügen inzwischen schon mancherlei geändert hat und in allernächster Zeit noch mehr ändern wird, fällt natürlich dem Verfasser nicht zur Last, sondern zeigt nur, wie lebhaft und mit wie gutem Erfolge auf diesen Gebieten von den Pflanzenphysiologen gearbeitet wird.

Die *Physiologie der Fortpflanzung*, der letzte Abschnitt des Buches, ist von *E. Baur* verfaßt. Auch *Baur* verfügt über eine sehr klare und lesbare Schreibweise, die ja vielen Lesern von seinem bekannten Vererbungsbuche her in angenehmer Erinnerung ist. Der Gegenstand seines Aufsatzes erfordert notgedrungen eine etwas andere Behandlungsweise als die vorigen Abschnitte; denn „kausal bekannt ist uns hier fast nichts" und wir müssen uns einstweilen damit begnügen, das ökologische Moment in den Vordergrund zu rücken. Aber gerade deswegen ist die Lektüre dieser Abschnitte auch für den „kausalen Physiologen" anregend und lohnend. Wird er doch so auf mancherlei Probleme aufmerksam, deren kausale Lösung schon jetzt möglich sein dürfte. Es liegt hier ein noch wenig beackertes Gebiet vor, dessen Bebauung reiche Frucht verspricht.

Der günstige Eindruck, den die einzelnen Aufsätze machen, überträgt sich auch z. T. auf den Band als Ganzes. Im Vergleich mit anderen Sammelbänden des Werkes, wie z. B. der „allgemeinen Biologie", deren Aufsätze in gar keinem inneren Zusammenhang stehen, ist hier wenigstens ein einigermaßen homogenes Gebilde zustande gekommen, das freilich in seiner Gesamtwirkung trotz der Vorzüglichkeit der Einzelleistungen doch hinter manchem einheitlich angelegten Buche zurückstehen muß. *J. Buder, Leipzig.*

Schröter, C., Oberforstinspektor Dr. Joh. Coaz. 1822—1918. Ein Nachruf. Heft *IX* der Schweizer

Schriften für allgemeines Wissen. Zürich, Rascher & Co., 1919. 47 S. und 1 Tafel. Preis 1,— Fr.

Die mit einem Porträtbild ausgestattete Schrift gibt in großen Zügen einen Überblick über Lebenslauf und Lebenswerk eines über die Grenzen seiner Schweizer Heimat hinaus bekannten, hochverdienten Forstmanns, des Oberforstinspektors Dr. *Coaz*, der am 18. August 1918 im Alter von 97 Jahren aus dem Leben geschieden ist. *Coaz* genoß als Alpinist, Naturforscher und Organisator und Leiter des schweizerischen Forstwesens das größte Ansehen; ihm sind in erster Linie die Neuorganisation des gesamten Forstwesens in der Schweiz auf neuzeitlicher Grundlage, der Schutz des Waldes und der Kulturen gegen Lawinenschaden, die Anlage umfassender Wegbauten und Waldvermessungen sowie zahlreiche andere Maßnahmen zu danken, durch welche die schweizerische Waldwirtschaft im Sinne einer intensiven wirtschaftlichen Ausnützung und einer Steigerung der Produktionskraft weiter entwickelt wurde. Daneben fand der vielbeschäftigte Mann noch Zeit und Muße, der Fischereiwirtschaft, dem Vogelschutz sowie der floristischen Erforschung seiner Heimat sein Interesse zu widmen; mit welch vortrefflichem Erfolg, davon zeugt die stattliche Reihe von Publikationen, welche im Anhang dieser Schrift dem Titel nach angeführt werden.

F. W. Neger, Tharandt.

Deutsche Ornithologische Gesellschaft.

In der Sitzung am 1. Dezember 1919 widmete Professor *Schalow* dem am 5. November verschiedenen 2. Vorsitzenden der Gesellschaft, Justizrat Dr. *Kollibay*, einen ehrenvollen Nachruf.

Professor *Neumann* legte den Balg einer männlichen Zwergtrappe vor und wies auf die eigentümliche Verkürzung der 4. Handschwinge hin, die anscheinend ein Schallorgan darstellt. Professor *Reichenow* zeigte eine bei Oppeln erlegte Stockente von rötlicher Färbung. Er führte diese Erscheinung auf Erythrismus zurück und nicht auf einen äußeren, durch chemische Bestandteile des Wassers hervorgerufenen Einfluß, wie von anderer Seite früher behauptet war. Professor *Neumann* bestätigte diese Ansicht durch den Hinweis, daß er im Winter 1917 in Lompscha eine ebenfalls rötlich gefärbte Stockente erhalten hat.

Dr. *Hesse* hielt einen ausführlichen Vortrag über **die Verbreitung und die Lebensweise des Nachtigallschwirls, Locustella luscinioides.** Der Nachtigallschwirl wurde 1824 zuerst von *Savi* beschrieben, der ihn in den Sümpfen Norditaliens entdeckte. *Naumann* führt ihn dann in seinem großen ornithologischen Werke als Brutvogel für Frankreich, Holland, Ungarn, Galizien und Böhmen an. Seit 1890 ist dieser Vogel nun auch für Deutschland nachgewiesen, und zwar: in Schlesien (bei Breslau und in der Bartschniederung), in der Mark Brandenburg (im Rhinluch, Nauener und Havelländ. Luch), in der Rheinprovinz sowie in Ostpreußen (bei Bartenstein, Steinort und am Kurischen Haff). Hier bewohnt er sumpfiges, morastiges Gelände, wo das Wasser am Boden steht, und das mit Sahlweiden, Erden und Birken durchsetzt ist. Sein Aufenthaltsort ist der Rohrwald sowie das dichte Gewirr der Sumpfpflanzen, unter denen er Arundo, Carex, Juncus und Typha besonders bevorzugt. Seine Stimme ist die gedämpfteste unter den 3 deutschen Schwirlarten und klingt etwa wie „örrrrr". Dieser Gesang wird fortlaufend vorgetragen, die einzelne Tour dauert gewöhnlich 3—5 Sekunden, in höchster Erregung jedoch bis zu 10 Sekunden, ja ausnahmsweise sogar bis zu einer halben Minute. *Tischler* beobachtete in Ostpreußen ein Männchen, das seinen schwirrenden Gesang ohne Unterbrechung 40 Sekunden lang hören ließ. Die ersten Töne liegen meist etwas tiefer als die folgenden, die in der Regel in gleicher Höhe vorgetragen werden. Nur bei sehr langen Touren macht sich ausnahmsweise ein An- und Abschwellen der Stimme bemerkbar. Der Nachtigallschwirl dürfte wahrscheinlich noch an anderen Orten Deutschlands vorkommen, was jedoch infolge seiner versteckten Lebensweise in unzugänglichen Brüchen nur schwer nachzuweisen ist. Hier harrt der faunistischen Forschung noch eine dankbare Aufgabe.

In der Sitzung am 5. Januar 1920 teilte Geheimrat *Reichenow* mit, daß an Stelle des verstorbenen Justizrats Dr. *Kollibay* Oberstleutnant a. D. *Friedrich von Lucanus* zum 2. Vorsitzenden der Deutschen Ornithologischen Gesellschaft gewählt ist.

Nach Vorlage der neuen Literatur durch Professor *Schalow* und Geheimrat *Reichenow* hielt Oberstleutnant *v. Lucanus* einen Vortrag über die **Mimikry der Kuckuckseier** und führte folgendes aus: „In der Fortpflanzungsgeschichte des europäischen Kuckucks, Cuculus canorus L., ist die Frage nach der Anpassung seiner Eier, die in Farbe und Zeichnung so auffallend variieren, an die Eier der Pflegeeltern noch ungelöst. Von den älteren Autoren vertreten *Kunz, Gloger* und *Baldamus* voll und ganz die Anpassungstheorie. *Kunz* und *Gloger* gehen sogar so weit, daß sie dem Kuckucksweibchen die Fähigkeit zuschreiben, seine Eier der jeweiligen Färbung der Eier derjenigen Vogelart, in deren Nest es gerade legt, willkürlich anzupassen, während *Baldamus* meint, daß durch die Nahrung, die der junge Kuckuck von seinen Pflegeeltern erhält, die Farbe der Eier, die er später legt, beeinflußt wird, und dadurch ihre Ähnlichkeit mit den Eiern der Pflegeeltern hervorgerufen wird. Andere Forscher, wie *Landois, Rey* und *Walter*, sprechen sich gegen die Mimikry des Kuckuckseies aus und erklären die in manchen Fällen sich zeigende Übereinstimmung des Kuckuckseies mit den Nesteiern nur als eine rein zufällige Erscheinung infolge des starken Variierens der Kuckuckseier. Diese Frage ist auch heute noch unentschieden, und die Ansichten der Ornithologen und Oologen sind noch immer geteilt. Die umfangreiche Eiersammlung des Berliner Museums für Naturkunde enthält nicht weniger als 728 Gelege 30 verschiedener Vogelarten mit zusammen 765 Kuckuckseiern, die ein ganz hervorragendes Material für das Studium der Anpassungserscheinung an die Hand geben. Eine genaue Durchsicht dieser Sammlung ergab nun, daß von den 765 Kuckuckseiern 575 mit den zugehörigen Nesteiern in Farbe und Zeichnung ganz auffallend übereinstimmen. 22 Kuckuckseier zeigen zwar einen bemerkbaren Unterschied, der in einer helleren, dunkleren oder auch abweichenden Färbung bestehen kann, passen aber in ihrem Gesamtcharakter doch noch so gut zu den Nesteiern, daß es vollauf berechtigt erscheint, von einer Anpassung zu sprechen. 169 Kuckuckseier sind dagegen den Nesteiern völlig unähnlich. Unter letzteren liegen die meisten, d. h. 120 Stück, in Zaunköniggelegen. Kuckuckseier im Typ des Zaunkönigseies scheint es meines Wissens überhaupt nicht zu geben. Von den 575 gut angepaßten Kuckuckseiern befinden sich 502 in Gelegen der Gartengrasmücke. Die Eier der Gartengrasmücke variieren bekanntlich sehr, und dieselben Variations-

reihen zeigt auch das Kuckucksei, wodurch also von vornherein die Anpassungserscheinung begünstigt wird. Unter den 502 Kuckuckseiern in Gartengrasmückengelegen befinden sich freilich einige, die von den zugehörigen Nesteiern mehr oder weniger abweichen. Da sie aber trotzdem noch in die Variationstypen des Gartengrasmückeneies völlig hineinpassen, so daß durch ein Vertauschen der Eier innerhalb der einzelnen Gelege eine völlige Übereinstimmung zwischen Kuckucksei und Nesteiern erzielt werden könnte, so kann man auch in diesen Fällen von einer „Mimikry" sprechen und die Eier als „gut angepaßt" bezeichnen.

Eine vorzügliche Übereinstimmung des Kuckuckseies mit den Nesteiern macht sich ferner bei dem grauen Fliegenfänger, der weißen Bachstelze, der Schafstelze, dem rotrückigen und rotköpfigen Würger, der Sperber-, Dorn- und Orpheusgrasmücke, dem Gartenrotschwanz und der asiatischen Ammer, Emberiza ciopsis, geltend. Das Kuckucksei in dem Gelege von Emberiza ciopsis ist ein Fall ganz hervorragender Mimikry, der einzig in seiner Art dasteht. Die Eier dieser Ammerart sind auf weißlichem Grunde mit dunkelbraunen verschlungenen Kritzlen und wurmartigen Linien gezeichnet, die sich als geflochtener Kranz am stumpfen Ende des Eies um den Pol winden. Genau dieselbe Zeichnung zeigt das in diesem Gelege befindliche Kuckucksei, das als solches an seinem bedeutend größeren Schalengewicht von den Ammereiern mit Sicherheit zu unterscheiden ist. Eine sehr auffallende Übereinstimmung zeigt ferner das in einem Lanius senator-Gelege befindliche Kuckucksei, das genau wie die Würgereier auf gelblichem Grunde braun gewölkt ist. Eine gleich vorzügliche Anpassung sehen wir in den Dorngrasmückengelegen, in denen das auf hellem Grunde fein braun bespritzte Kuckucksei den Nesteiern vollkommen gleicht. Sehr bemerkenswert ist ferner, daß in allen vier in der Sammlung vorhandenen Gelegen der Orpheusgrasmücke die Kuckuckseier in geradezu verblüffender Weise den Nesteiern gleichen. Zwei dieser Gelege stammen aus Malaga, zwei aus Dalmatien, was dafür spricht, daß der Kuckuck in der Heimat der Orpheusgrasmücke diese Vogelart als Pflegewirt zu bevorzugen scheint, und daß die Mimikry der Eier wohl hiermit in Zusammenhang gebracht werden kann. Dieselbe Erscheinung finden wir noch in Finnland, wo der Kuckuck nach *Walters* Angabe einfarbig blaue Eier mit Vorliebe in die Nester des Gartenrotschwanzes legt, und in der Heimat des Bergfinken, wo nach *Rey* bei den in den Nestern von Fringilla montifringilla gefundenen Kuckuckseiern die imitative Anpassung die Regel ist. Alle diese Beispiele zeigen uns, daß es nicht berechtigt ist, die schon von älteren Forschern aufgestellte Anpassungstheorie zu leugnen, sondern daß das Kuckucksei in bezug auf Farbe und Zeichnung in vielen Fällen den Eiern der Pflegeeltern vorzüglich angepaßt ist. Die Ähnlichkeit des Kuckuckseies mit den blauen Eiern von E. phönicurus, oder mit den fein bespritzten Eiern von Motacilla alba und Sylvia curruca, oder den eigenartig gezeichneten Ammereiern deutet aber darauf hin, daß diese Anpassungserscheinung offenbar keine rein äußere, zufällige Erscheinung ist, sondern sich vielmehr aus einem Naturgesetz herleitet, dessen Ursachen wir freilich noch nicht kennen. Die Darwinsche Selektionstheorie läßt sich nicht anwenden, da die Erfahrung gelehrt hat, daß die meisten Vögel fremde, ganz unähnliche Eier in ihrem Nest dulden und ausbrüten. Die von *Baldamus* zuerst ausgesprochene Ansicht, daß die Nahrung des jungen Kuckucks bei der Aufzucht durch die Pflegeeltern die Färbung der Eier beeinflussen und eine Anpassung an die Eier der Pflegeeltern hervorrufen soll, läßt sich nicht anerkennen. Es erscheint physiologisch nicht möglich, daß die kurze Zeit der Aufzucht genügen soll, um im Körper Farbstoffe aufzuhäufen, welche die Färbung der Eier, die erst nach Ablauf eines Jahres gelegt werden, beeinflussen. In der langen Zwischenzeit hat ja der Kuckuck seine normale Nahrung zu sich genommen und der Körper eine völlige Umbildung erfahren. Hätte die Nahrung überhaupt einen entscheidenden Einfluß auf die Färbung der Eier eines Vogels, dann müßten z. B. Rotkehlchen und Nachtigall, die beide dieselbe Lebensweise führen und ihre Insektennahrung auf dem Erdboden suchen, ja gleich gefärbte Eier legen, was aber nicht zutrifft, da das Rotkehlchenei rötlich gefleckt, das Nachtigallenei aber einfarbig olivbraun ist. Ferner müßten in Gefangenschaft gezüchtete Vögel, die häufig mit ganz anderer Nahrung als im Freien aufgezogen werden, auch Abweichungen in der Farbe der Eier aufweisen, was aber nicht der Fall ist. Der domestizierte Kanarienvogel, der mit Rübsen und Eifutter großgezogen wird, legt genau dieselben Eier wie der Kanarienwildling, dessen Nahrung wesentlich anders ist. Durch Fütterung mit Cayennepfeffer zur Mauserzeit erzielt der Kanarienzüchter eine rötliche Gefiederfärbung. Solche Vögel legen aber im Frühjahr durchaus normal gefärbte Eier. Die Nahrung hat also keinen Einfluß auf die Färbung der Eier. Bevor der Kuckuck zum Brutparasitismus überging, werden wahrscheinlich seine Eier nur eine einheitliche Farbe besessen haben, die im wesentlichen den Eiern der Sylvien, besonders der Sylvia borin, glich; denn die meisten Kuckuckseier haben noch heute deren Typus, während die Anpassung an die Eier anderer Pflegewirte, wie des Rotschwanzes und der Ammer, offenbar erst später mit dem Brutparasitismus entstanden ist. Die Ursachen dieser eigenartigen Anpassung zu erforschen, ist der Ornithologie und Oologie noch vorbehalten."

Im Anschluß hieran wies Dr. *Heinroth* auf die geringe Größe des Kuckuckseies hin im Vergleich zur Körpergröße des Vogels, worin ebenfalls eine gute Anpassung an die Eier der meisten Pflegewirte, die bedeutend kleiner als der Kuckuck sind, zu erblicken ist. Dr. *Heinroth* meinte ferner, daß die Ähnlichkeit des Kuckuckseies mit den Nesteiern in vielen Fällen vielleicht darauf zurückzuführen sei, daß unähnliche Kuckuckseier von den Nestinhabern entfernt werden. Oberstleutnant *v. Lucanus* entgegnete hierauf, daß dieser Ansicht die Erfahrung widerspricht, daß auch unähnliche Kuckuckseier in Vogelnestern gefunden werden, die eben nicht entfernt worden sind, und daß aus den Versuchen *Leverkühns* hervorgeht, daß viele Vögel in ihr Nest gebrachte fremde Eier nicht mit Mißtrauen betrachten. Professor *Schillings* machte den Vorschlag, zur Klärung dieser Frage das Verhalten der als Pflegeeltern des Kuckucks bekannten Vogelarten gegenüber fremden Eiern in ihrem Nest auf experimentellem Wege zu erforschen.

Friedrich von Lucanus.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 11. (Seite 197—211) **12. März 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Die Grenzen der Sichtbarkeit des Spektrums in der Tierreihe. Von *C. v. Heß, München.* (Mit 2 Abbildungen.) S. 197.

Zur Physiologie der Lebensdauer. Von *A. Pütter, Bonn.* (Mit 2 Kurvenbildern.) S. 201.

Besprechungen:

Hansen, Adolph, Goethes Morphologie. Von *Walther May, Karlsruhe.* S. 205.

Stempell, W., Leitfaden für das mikroskopisch-zoologische Praktikum. Von *Krüger, Bonn.* S. 206.

Zuschriften an die Herausgeber:

Spezielle Relativitätstheorie und Probleme des Atomkerns. Von *A. Smekal, Wien.* S. 206.

Über die Beziehungen zwischen Zerfallskonstante und Reichweite und den Bau des Atomkerns. Von *G. Kirsch, Wien.* S. 207.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:

Reiseeindrücke aus der südlichen Mandschurei. Die geographische Ausbreitung des Menschengeschlechts. Die neue Landkarte Europas und die Gesetze der politischen Geographie. S. 207.

Astronomische Mitteilungen:

Eine neue Theorie der δ Cephei-Veränderlichen Bahnbestimmungen von spektroskopischen Doppelsternen. S. 211.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Monographien aus dem Gesamtgebiete der Physiologie der Pflanzen und der Tiere

Herausgegeben von

F. Czapek - Prag, **M. Gildemeister** - Berlin, **E. Godlewski** jun. - Krakau, **C. Neuberg** - Berlin, **J. Parnas** - Warschau

Redigiert von

F. Czapek und **J. Parnas**

Soeben erschien:

Dritter Band

Die biogenen Amine

und ihre Bedeutung für die Physiologie und Pathologie des pflanzlichen und tierischen Stoffwechsels

Von **M. Guggenheim**

Preis M. 28.—; gebunden M. 32.60

(und Sortimentsteuerungszuschlag)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 12.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.20.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser, Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Bernstein-Sammlungen

mit Belegstücken über das Vorkommen, die Entstehung und die Verwendung von Bernstein, sowie einzelne Stücke mit tierischen und pflanzlichen Einschlüssen liefern

Staatliche Bernsteinwerke
Königsberg i. Pr.
(152

Mineralien, Kristalle und Gesteine
Spez. vogtl. und sächs. Vorkommen
offeriert preiswert und in reicher Auswahl
Mineralien-Niederlage A. Jahn
Plauen i. V., oberer Graben 9
Preisliste gratis.

Mineralien, Gesteine, Petrefakten,
Einzelstücke und Sammlungen,
alle naturwissenschaftlichen Lehrmittel
Dr. Paul Michaëlis
Sächs. Mineralien- u. Lehrmittelhandlung
Dresden-Blasewitz 2, Schubertstraße 8
Liste 1919 über Mineralien, Gesteine u. Petrefakten kostenlos.

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope
Gg. Leisegang Berlin
Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche
Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

Insektenkunde *von Prof. Kolbe.* *M 14.—, geb. M 15.50*
Blütenbiologie *von Prof. Löwe.* *M 6.—, geb. M 7.—*
(Teuerungszuschlag 50%.) (180)
Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin S. W. 68.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Die im Kriege 1914—1918 verwendeten und zur Verwendung empfohlenen Brote, Brotersatz- und Brotstreckmittel

unter Zugrundelegung eigener experimenteller Untersuchungen
Zugleich eine Darstellung der Brotuntersuchung und der modernen Brotfrage
Von Professor Dr. med. et phil. **R. O. Neumann**
Geheimer Medizinalrat, Direktor des Hygienischen Institutes der Universität Bonn
Mit 5 Textfiguren. Preis M. 28.—
Hierzu Teuerungszuschlag

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. **12. März 1920.** **Heft 11.**

Die Grenzen der Sichtbarkeit des Spektrums in der Tierreihe[1]).

Von C. v. Hess, München.

I.

In einem lesenswerten Vortrage über die Erweiterung unserer Sinne hat *O. Wiener* an einer Reihe von Beispielen ausgeführt, wie Wissenschaft und Technik den Wirkungsbereich unserer Sinnesorgane mit Hilfsmitteln mannigfacher Art nach vielen Richtungen erweitert haben.

Wie die Natur selbst in der stammesgeschichtlichen Entwicklung der Lebewesen die Leistungsfähigkeit der Lichtsinnesorgane weit über die ihnen durch lange Zeiträume gesetzten Grenzen gesteigert hat, zeigt das Folgende.

Bei den niedersten Metazoen, den Stachelhäutern, konnte ich (4) neue, höchst eigenartige Lichtreaktionen einmal an den Füßchen gewisser Seesterne, dann an merkwürdigen kölbchenartigen Gebilden auf dem Rücken gewisser Seeigelarten nachweisen. Für diese letzteren, deren Bedeutung bisher unbekannt war, fand ich, daß sie durch äußerst geringe Lichtstärkenabnahme, wie z. B. flüchtige Beschattung mit der zwischen Fenster und Aquarium rasch bewegten Hand, in lebhafte Rotation versetzt werden. Photometrische Messung ergab, daß die geringsten vom normalen Menschenauge noch eben wahrnehmbaren Helligkeitsminderungen von diesen Seeigelkölbchen schon mit Sicherheit wahrgenommen werden. Solche feine Unterschiedsempfindlichkeit machte es mir weiterhin möglich, die durch Strahlungen verschiedener Wellenlänge ausgelösten Helligkeitsempfindungen hier, wo die Zoologie noch vergebens nach Organen der Lichtempfindung sucht, mit nahezu der gleichen Genauigkeit messend zu bestimmen, wie in unserem eigenen Auge: jene Kölbchen verhalten sich den für uns verschieden farbigen Strahlungen gegenüber annähernd oder genau so, wie das total farbenblinde und wie das normale dunkeladaptierte Menschenauge. Im Laufe der letzten 12 Jahre konnte ich eine größere Reihe von Wirbellosen mit ähnlicher oder gleich feiner Unterschiedsempfindlichkeit ausfindig machen; alle zeigten, ebenso wie auch die Fische, den für uns sichtbaren spektralen Strahlungen gegenüber das für den total farbenblinden Menschen charakteristische Verhalten, insbesondere eine beträchtliche Verkürzung des langwelligen Spektrumendes und Verschiebung des Helligkeitsmaximums, das beim Normalen in der Gegend des rötlichen Gelb, ungefähr bei 589 μμ (*D*-Linie) liegt, nach dem gelblichen Grün bei etwa 530 μμ.

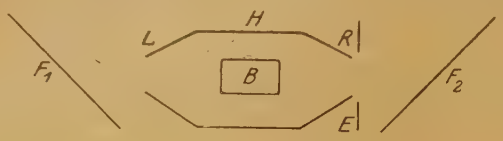
Nun hatte *Lubbock* vor 40 Jahren die Beobachtung gemacht, daß Ameisen und gewisse kleine Krebse (Daphnien) auch auf ultraviolette Strahlen reagieren; er hatte daraus geschlossen, daß das Spektrum bei ihnen eine andere Begrenzung zeige als bei uns und daß sie das Ultraviolett als eine besondere Farbe sähen, von der wir uns keine Vorstellung zu machen vermöchten. Angesichts der von mir gefundenen Übereinstimmung des Verhaltens der fraglichen Tiere in dem für uns *sichtbaren* Spektrum mit dem total farbenblinden Auge war mir jene Hypothese *Lubbocks* wenig wahrscheinlich; eine andere Deutung für die Wirkung des Ultraviolett ergab sich aus der von mir gefundenen Tatsache (3), daß bei Insekten und Krebsen, die allein jene Reaktion gegenüber dem Ultraviolett zeigen, der brechende Apparat des Auges (siehe Abschn. II) im ultravioletten Lichte lebhaft grün fluoresziert. Ich konnte wahrscheinlich machen, daß die Wirkung jener kurzwelligen Strahlen nicht durch direkte Reizung der nervösen Elemente des Sehorgans, sondern eben durch Fluoreszenz zustande kommt, die die an sich für jene Tiere ebenso wie für uns unsichtbaren Strahlen in solche von größerer, vorwiegend dem Grün entsprechender Wellenlänge verwandelt, welche für die Tiere besonders große Helligkeit haben.

Man mußte sich bisher auf Feststellung der Tatsache beschränken, daß die fraglichen Tiere auf Ultraviolett reagieren. Klarere Vorstellungen von den einschlägigen physikalischen Verhältnissen wie auch von der etwaigen biologischen Bedeutung der merkwürdigen Erscheinung konnten erst gewonnen werden, wenn es gelang, einen *Maßausdruck* einerseits für die von den ultravioletten Strahlen ausgelösten Helligkeitsempfindungen, anderseits für die Grenzen ihrer Wirksamkeit nach der kurzwelligen Seite hin zu gewinnen, was noch nicht versucht worden war. Von den von mir ausgearbeiteten Methoden zur Lösung der ersten Aufgabe sei nur eine besonders einfache geschildert; sie hat mir bei jungen Räupchen (7), die ich besonders empfindlich für Ultraviolett fand, vielfach gute Dienste getan.

Die Tiere befinden sich in einem Glasbehälter *B* in dem mattschwarzen Blechgefäße *H*, das zwischen zwei mattweißen, unter gleichem Winkel

[1]) Mit den folgenden Zeilen entspreche ich einer Bitte der Schriftleitung um ein kurzes Referat über den vorwiegend physikalischen Teil einer meiner Untersuchungen zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes.

zum einfallenden Lichte aufgestellten Flächen F_1 und F_2 so steht, daß das von diesen diffus zurückgeworfene Licht nur durch die seitlichen konischen Ansätze bei L und R zu den Tieren gelangen kann. Ist die Lichtstärke beiderseits gleich, so verteilen sich die Raupen, die lebhafte Neigung haben, zum Hellen zu laufen, angenähert gleichmäßig in ihrem Behälter, bei sehr geringer Mehrung oder Minderung der Licht-



stärke auf einer Seite kriechen sie sofort nach der helleren Seite. Wenn ich nun bei beiderseits gleicher Stärke des für uns sichtbaren Lichtes z. B. bei L ein nahezu farbloses Schwerstflintglas vorsetze, das fast nur die ultravioletten Strahlen, diese aber so gut wie vollständig zurückhält, so gehen die Tiere sofort alle nach rechts. Wenn ich nun die Stärke des von rechts kommenden Lichtes *ohne* Änderung seiner Zusammensetzung allmählich mindere, so bleiben die Tiere zunächst noch rechts, und erst bei einem bestimmten Grade der Minderung verteilen sie sich wieder gleichmäßig. Zur messenden Minderung der Lichtstärken dient mir ein Episkotister, d. i. eine rotierende schwarze Scheibe mit meßbar variablem sektorförmigen Ausschnitte. Bei einer solchen Messung verteilten sich die von links her mit dem ultraviolettarm gemachten Tageslichte bestrahlten Tiere erst dann gleichmäßig, wenn der Episkotister rechts mit einem Ausschnitte von 10 ° rotierte; es war also an dem fraglichen sonnigen Tage dieses ultravioletthaltige Grau dem ultraviolettarmen Weiß erst dann motorisch gleichwertig, wenn seine Lichtstärke auf $^1/_{36}$ des Weiß herabgesetzt wurde.

Solche Messungen stellte ich insbesondere an, um eine Vorstellung von der Wirkung des Ultraviolett unter den gewöhnlichen Lebensbedingungen der Tiere zu bekommen. Weitere Messungen wurden mit entsprechenden Ergebnissen im Dunkelzimmer mit Lichtquellen vorgenommen, die besonders reich an ultravioletten Strahlen sind, wie z. B. die Quecksilberdampflampe. Versuche an Krebsen (Daphnien) ergaben (6), daß das Ultraviolett auch hier deutliche Helligkeitswirkung hat, die aber hinter jener bei Raupen weit zurücksteht. Ich darf einschalten, daß mir die geschilderte Methode auch bei messender Untersuchung der Wirkung ultraviolettreichen und -armen Lichtes auf heliotropische Krümmungen junger *Pflanzen* gute Dienste getan hat (8).

Wirken im *Spektrum* auf die Raupen einerseits Strahlen von etwa 600 μμ, die uns hellrot erscheinen, anderseits solche von etwa 480 μμ, die uns blau und viel dunkler erscheinen, so zeigen die auf uns blau wirkenden Strahlen auf die Raupen, ebenso wie auf das total farbenblinde Menschenauge, viel größere Helligkeitswirkung als die roten. Wenn man in dem eben beschriebenen Apparate an Stelle der beiden weißen eine rote und eine blaue Fläche bringt, so gehen die Raupen gleichfalls nach dem Blau. Daraus dürfen wir aber hier noch nicht schließen, daß die blauwirkenden Strahlen *allein* diese größere Helligkeitsempfindung auslösen, denn die blaue Papierfläche könnte größere Mengen von Ultraviolett zurückwerfen als die rote; in der Tat gehen, wenn wir auf der Seite der blauen Papierfläche das Ultraviolett durch die Schwerstflintplatte ausschalten, die Raupen nach der roten Papierfläche, die also trotz des sehr geringen Helligkeitswertes roter Strahlungen für die Raupen ihnen nur infolge der kleinen Beimengungen von Ultraviolett heller erscheint als das ultravioletarme Blau.

Daraus folgt unter anderem die wichtige Tatsache, daß unter den *gewöhnlichen* Lebensbedingungen, wo ja nie homogene Strahlungen, sondern immer nur Strahlgemische zu den Raupen kommen, für deren Bewegungen zum Lichte der Ultraviolettgehalt des jeweils wirkenden Lichtes vielfach ausschlaggebend sein muß, nicht aber die jeweils für uns *sichtbare* Strahlung.

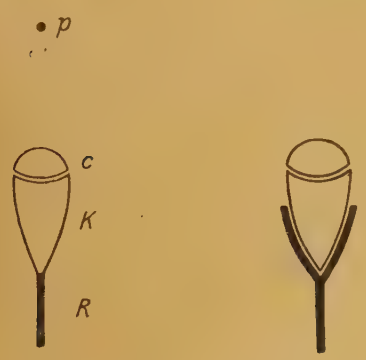
II.

Auch die Versuche zur Bestimmung der *Grenzen* der Wahrnehmbarkeit des Ultraviolett auf der kurzwelligen Seite des Spektrums bei Insekten und Krebsen führten zu neuen, überraschenden Ergebnissen. Für unser Auge liegt, wenn wir ein Spektrum ohne besondere Hilfsmittel betrachten, die Grenze auf der kurzwelligen Seite ungefähr bei 400 μμ. Die kürzesten ultravioletten Strahlen unseres Tageslichtes haben nach den üblichen Angaben – eine Wellenlänge von etwa 291 μμ. Gewöhnliches Fensterglas läßt im allgemeinen noch Strahlen bis zu 313 μμ durch, hält aber die kürzerwelligen zurück; es gibt aber Glassorten, wie z. B. farbloses Uviolkronglas, die (wie ja auch Quarz) für kurzwelliges Ultraviolett wesentlich durchlässiger sind; ich benütze meist ein farbloses „Uviolkronglas", das die Strahlen bis zu 309 μμ so gut wie vollständig, bis zu 280 μμ noch zu mehr als der Hälfte durchläßt. Ich konnte nun nachweisen, daß selbst die von gewöhnlichem Fensterglase absorbierten Strahlen von weniger als 313 μμ bei Raupen noch eine für ihre Bewegungsrichtung maßgebende Helligkeitsempfindung auslösen: Sie gehen in einem zur Hälfte mit gewöhnlichem Fensterglase, zur Hälfte mit Schwerstflint bedeckten Behälter sofort nach der ersten, uns gleich hell erscheinenden Hälfte, in einem zur Hälfte mit Fensterglas, zur Hälfte mit Uviolkronglas bedeckten oder ganz unbedeckten nach der letzteren usw. Ein Gleiches konnte ich für Krebse (Daphnien, Polyphemus) nachweisen, wo durch besondere physiologische Verhältnisse der Adaptation des Sehorganes die Erscheinungen noch merkwürdiger werden (6).

Untersuchungen über die Helligkeitswirkung des Ultraviolett im Tageslichte auf unsere Tiere müssen somit bei offenen Fenstern bzw. im Freien vorgenommen werden, die Behälter für die Tiere dürfen nicht aus gewöhnlichem Glase, sondern nur aus Uviolkronglas hergestellt sein; auch bei Versuchen mit Spiegeln ließ ich solche aus dieser Glasart anfertigen usw. Es wird Aufgabe der Einzelforschung sein, die fragliche Helligkeitswirkung bei verschiedenen Arten auf dem eingeschlagenen Wege systematisch zu verfolgen, um die Beziehungen zwischen der Art des brechenden Apparates und der durch Ultraviolett ausgelösten Helligkeitsempfindung weiter zu klären.

III.

Auch für das Verständnis der *Dioptrik* des Arthropodenauges ergeben sich aus den im ersten Abschnitte geschilderten Tatsachen wichtige neue Gesichtspunkte. Die etwas verwickelten Verhältnisse können vielleicht auf folgendem Wege dem Verständnisse näher gebracht werden, hinsichtlich der Einzelheiten muß ich auf meine Abhandlung (7) verweisen. Die hier wesentlichen Teile des Facettenauges der Gliederfüßer lassen sich halbschematisch etwa durch Fig. 2 wiedergeben. Der brechende Apparat besteht aus der mehr oder weniger stark gewölbten Cornealinse *C* und dem dicht dahinter liegenden Kristallkörper *K*, der im allgemeinen nach rückwärts sich konisch zuspitzt; an ihn setzt sich dann bei vielen Tieren, z. B. Bienen, der unseren Stäbchen und Zapfen entsprechende nervöse Empfangsapparat, das „Rhabdom" *R* (in den beiden Figuren durch dicke schwarze Striche gekennzeichnet) so an, wie Fig. 2 zeigt. Bei Raupen bleibt das Auge dauernd auf dieser einfachen Stufe stehen, bei Schmetterlingen usw. schließen sich Hunderte oder Tausende solcher Elementaraugen zu dem bekannten halbkugeligen „Facettenauge" zusammen. Die herkömmliche, in der Zoologie auch heute noch übliche Betrachtungsweise beschränkt sich darauf, den Gang der für uns sichtbaren Strahlen so, wie man es von der Dioptrik des Wirbeltierauges gewohnt ist, zu erörtern. Man nimmt an, daß ein etwa vom Punkte *p* ausgehendes Strahlenbüschel an den Seitenwänden von *c* und *k* durch totale Reflexion gegen die Spitze des Kristallkegels gesammelt werde und nur von hier aus auf *R* wirke. Aber schon aus der geschilderten großen Helligkeitswirkung der ultravioletten Strahlen und der durch letztere bedingten Fluoreszenz von Linse und Kristallkörper folgt das Unzulängliche der herkömmlichen Betrachtungsweise: Nach dieser sollte z. B. ein Lichtstrahl, der von einem mehr seitlich gelegenen Punkte, etwa *S* (Fig. 3), auf ein solches Element fällt, entweder wieder aus dem Auge zurückgeworfen oder, wenn er an den Seiten austritt, hier von einer Pigmenthülle absorbiert werden, die in vielen Augen Linse und Kristallkörper mehr oder weniger weit umhüllt. Aber bei einer Reihe von Insekten endigt der nervöse Empfangsapparat nicht, wie Fig. 2 zeigt, an der Spitze des Kristallkegels, sondern *umschließt* diesen kelchartig mehr oder weniger weit nach oben, etwa so, wie Fig. 3 zeigt.



In der Zoologie hat man diese bisher unerklärliche Erscheinung seltsamerweise als einen primitiven oder Rückbildungszustand aufgefaßt, anscheinend ohne zu bedenken, daß unverständlich wäre, wie es zur Entwicklung so vielen wertvollen nervösen Materials an einer Stelle kommen konnte, wo es ohne jeden Nutzen für den Träger war. Aus unseren Beobachtungen ergibt sich leicht die richtige Deutung für jene merkwürdigen anatomischen Befunde: Ein Lichtstrahl, der schräg z. B. von *S* her auf Cornea und Kristallkegel fällt, versetzt beide in starke Fluoreszenz, macht sie also gewissermaßen zu selbstleuchtenden Körpern, die Licht nicht nur durch die feine Spitze nach rückwärts, sondern in großen Mengen auch durch die Seitenwände des Kegels ausstrahlen und daher die hier gelegenen nervösen Empfangselemente in entsprechendem Maße zu reizen vermögen; danach haben wir in diesen nervösen Kelchen nicht eine *Rück*bildung, sondern im Gegenteil eine besonders *hohe* Entwicklungsstufe vor uns. Daß die Arten, bei welchen sie bisher gefunden wurden, Nacht- bzw. Dämmerungstiere sind, dient unserer Auffassung zur Stütze.

Die Leistung des brechenden Apparates im Auge der Gliederfüßer ist nach meiner Auffassung eine vierfache, er dient 1. der Sammlung der für das Auge unmittelbar sichtbaren Strahlen, 2. der Umwandlung der für es unsichtbaren kurzwelligen Strahlungen durch Fluoreszenz in solche von größerer Wellenlänge, die für es sichtbar sind; 3. einer beträchtlichen Erweiterung des Gesichtsfeldes vermöge der Fluoreszenz durch tangential auffallende Strahlen, ähnlich wie von der Antenne eines Apparates für Hertzsche Wellen die von allen Seiten kommenden, für uns an sich nicht wahrnehmbaren Schwingungen in solche verwandelt werden, die auf unsere Sinne wirken; 4. durch Absorption der kurzwelligen Strahlungen dem Schutze der nervösen Substanz

der Augen vor einer schädlichen Wirkung der ersteren.

IV.

Für die nicht mit Facettenaugen sehenden Wirbellosen ist das Spektrum in ähnlicher oder gleicher Ausdehnung sichtbar wie für den total farbenblinden Menschen: Es reicht von etwa 665 μμ bis ungefähr 400 μμ[1]). Dies entspricht offenbar dem ursprünglichen und einem in der Reihe der Wirbellosen weit verbreiteten Zustande. Bei den mit Facettenaugen sehenden Gliederfüßern sind nun diese Grenzen nach der *kurz*welligen Seite bis nahe an 300 μμ hinausgeschoben, nicht etwa durch Änderung der spezifischen Erregbarkeit der nervösen Empfangselemente, sondern vielmehr auf dem Umwege der Fluoreszenz. Am *lang*welligen Spektrumende hat selbst eine so tiefgreifende Änderung der Umwelt, wie der Übergang zum Luftleben, bei den Wirbellosen keine Änderung herbeigeführt. Anders bei den Wirbeltieren: Hier finden wir, solange ihr Dasein auf das Wasser beschränkt ist (Fische), ähnliche oder die gleichen Grenzen des Spektrums wie bei den nicht mit Facettenaugen sehenden Wirbellosen. Aber zum Unterschiede von diesen führt bei den Wirbeltieren der Übergang zum Luftleben mit der viel größeren Mannigfaltigkeit der nunmehr auf das Sehorgan wirkenden Strahlungen zu einer wesentlichen Verschiebung der Spektrumgrenzen am langwelligen Ende, bis über 700 μμ hinaus in unserem Auge und in jenem der Tagvögel (1), bei welchen ich durch Pickversuche im Spektrum dessen Sichtbarkeitsgrenzen wieder mit ähnlicher Genauigkeit wie für unser eigenes Auge bestimmen konnte.

Diese Erweiterung ist Folge einer tiefgreifenden Änderung der nervösen Substanz des Sehorgans, die insbesondere auch in der Entwicklung farbiger Sehqualitäten zum Ausdrucke kommt.

Die ultravioletten Strahlen sind für das Wirbeltierauge ohne besondere Hilfsmittel bekanntlich nicht wahrnehmbar; bei einem Teile der Wirbeltiere finden wir sogar eine Verkürzung des violetten Endes an den höchstorganisierten Stellen der Netzhaut, beim Menschen und Affen durch Vorlagerung gelben Farbstoffes, bei Tagvögeln in viel höherem Grade durch Entwicklung farbiger roter und gelber „Ölkugeln" vor dem nervösen Empfangsapparat, vorwiegend an der Stelle des deutlichsten Sehens. Die Absorption des Blau beträgt hier nach meinen Messungen (5) beim Huhn bis zu 98 %, bedingt also relative Blaublindheit des Tieres. Eine interessante Bestätigung dieser Befunde ergab sich, als es mit dem von mir konstruierten Differential-Pupilloskop (9) gelang, die pupillomotorischen Reizwerte farbiger Lichter für das Tagvogelauge messend zu bestimmen. Auch in diesen Einrichtungen haben wir wahrscheinlich einen Schutz gegen Schädigung der Empfangselemente durch kurzwellige Strahlen zu sehen.

Wir haben im vorstehenden zwei verschiedene Wege kennen gelernt, auf welchen es in der Tierreihe zu beträchtlicher Erweiterung des ursprünglichen Wirkungsbereiches spektraler Strahlungen gekommen ist. Von ganz anderer Art sind jene Vorgänge, die zur Anpassung des Sehorgans an verschiedene Intensitäten eines und desselben Strahlgemisches führen und damit zur Erweiterung der Grenzen seiner Leistungsfähigkeit bei Mehrung oder Minderung der Allgemeinbeleuchtung über bzw. unter ein gewisses Durchschnittsmaß. Auch diese adaptativen Vorgänge waren bisher ausschließlich am Menschenauge untersucht worden; hat man doch noch vor kurzem das Vorkommen solcher z. B. im Tagvogelauge auf Grund gewisser theoretischer Erwägungen nachdrücklich in Abrede gestellt.

Mit den von mir entwickelten Methoden ist es auch hier möglich geworden, nicht nur das Vorkommen ausgiebiger adaptativer Änderungen bei Tieren überhaupt, insbesondere bei Tagvögeln, und damit die Unrichtigkeit jener theoretischen Voraussetzungen nachzuweisen, sondern sogar Art und Umfang dieser Änderungen messend ziemlich genau zu bestimmen. Auch solche Messungen können wir (z. B. bei gewissen Muscheln) heute selbst da vornehmen, wo die mikroskopische Forschung noch vergebens nach den Organen der Lichtempfindung sucht.

[1]) Diese Zahlen geben selbstverständlich nur annähernde Durchschnittswerte. Es bedarf keiner Betonung, daß die Grenzen mit Lichtstärke und Adaptationszustand wechseln. Untersucht man die verschiedenen Augen unter gleichen Bedingungen mit dem gleichen Spektrum in möglichst gleichem Adaptationszustande, so erhält man genügend vergleichbare Werte.

Literatur.

1. *Heß*, Über den Lichtsinn und Farbensinn bei Tagvögeln. Archiv f. Augenheilkunde Bd. *574* (1907).
2. — Neue Untersuchungen über den Lichtsinn bei wirbellosen Tieren. Pflügers Archiv Bd. *136*, (1910).
3. — Über Fluoreszenz an den Augen von Insekten und Krebsen. Ebenda Bd. *137* (1911).
4. — Untersuchungen über den Lichtsinn bei Echinodermen. Ebenda Bd. *160* (1914).
5. — Der Farbensinn der Vögel und die Lehre von den Schmuckfarben. Ebenda Bd. *166* (1917).
6. — Der Lichtsinn der Krebse. Ebenda Bd. *174* (1919).
7. — Über Lichtreaktionen bei Raupen und die Lehre von den tierischen Tropismen. Ebenda Bd. *177* (1919).
8. — Messende Untersuchungen über die Beziehungen zwischen dem Heliotropismus der Pflanzen und den Lichtreaktionen der Tiere. Zeitschr. f. Botanik, 11. Jahrg. (1919).
9. — Messende Untersuchungen zur vergleichenden Physiologie des Pupillenspieles. Archiv f. Ophthalm. Bd. *90* (1915).

Zur Physiologie der Lebensdauer[1]).

Von A. Pütter, Bonn.

Die Begriffe der Wissenschaft entwickeln sich aus denen des täglichen Lebens. Bei diesem Übergang aus der Umgangssprache in die Sprache der Wissenschaft müssen sie einen mehr oder weniger umfangreichen Läuterungsprozeß durchmachen, ja mancher Begriff des täglichen Lebens erweist sich als unbrauchbar in der Wissenschaft, als unangemessen zur eindeutigen Bezeichnung der Erscheinungen, auf die er im täglichen Leben angewandt wird. Daß dies für den Begriff der „*Lebensdauer*" des Menschen oder einer anderen Tierart zutrifft, soll im folgenden gezeigt werden.

Seit der Psalmist im 90. Psalm die Worte schrieb: „unser Leben währet 70 Jahre und wenn es hoch kommt, so sind es 80 Jahre", gilt im täglichen Leben wie in der Biologie diese Zahl als „Lebensdauer" des Menschen.

Als *Rubner* im Jahre 1908 den Versuch unternahm, ein Gesetz der Lebensdauer aufzustellen, gab er dem Menschen ebenso 80 Jahre als „Lebensdauer" wie der Psalmist, und *Korschelt* widmet 1917 der Frage nach der Lebensdauer des Menschen nur einen Nebensatz, nach dem die Lebensdauer normalerweise 70, seltener 80 Jahre beträgt. Es gilt also den neuesten Biologen der Begriff der Lebensdauer des Menschen als genügend scharf definiert und zahlenmäßig festgelegt. Dabei stammt die Zahlenangabe aus dem Altertum und eine Begriffsbestimmung wird überhaupt nicht gegeben.

Wenn es sich um die Feststellung der Lebensdauer eines einzelnen Menschen handelt, ist ja in der Tat eine besondere Begriffsbestimmung kaum nötig, denn die Unsicherheiten in der Feststellung des Augenblicks, in dem die nervösen Zentren der Medulla oblongata so geschädigt sind, daß sie ihre Tätigkeit dauernd einstellen, beträgt doch nur Minuten oder Viertelstunden. Wenn man aber von der Lebensdauer des Menschen oder einer Tierart spricht, so meint man damit eine Eigenschaft, die für die Art kennzeichnend ist — ebenso wie irgend eine andere morphologische oder physiologische Eigenschaft — und die aus den Eigenschaften der einzelnen Individuen erst abgeleitet werden muß.

Ebenso geläufig wie die Vorstellung, daß die Lebensdauer des Menschen 70 bis 80 Jahre beträgt, ist uns die andere, daß in jedem Lebensalter Menschen sterben, im zarten Säuglingsalter ebenso wie in der Pubertät und auf der Höhe der Mannesjahre. Wenn wir aber von der zeitlichen Begrenzung des Lebens sprechen, so denken wir nicht an diese Todesfälle, sondern nur an die der Greise, und es ist ja auch klar, welcher Grundgedanke in dieser Art der Einstellung liegt: Wir betrachten die Todesfälle in jungen Jahren (mehr oder minder bewußt) als vermeidbar oder als bedingt durch vielleicht unvermeidbare aber äußere Einflüsse, jedenfalls als mehr oder weniger zufällig, während wir in dem Sterben der Greise eine innere Notwendigkeit erblicken. Sobald man solche unausgesprochenen stillen Voraussetzungen scharf formuliert, ergeben sich sogleich Schwierigkeiten: wo fangen die Todesfälle aus inneren Bedingungen an? Gibt es überhaupt eine Grenze zwischen äußerlich und innerlich bedingten Todesfällen, eine Grenze, die man durch eine Jahreszahl festlegen kann?

Um diese Fragen beantworten zu können, müssen wir uns zunächst einmal ansehen, wie das Absterben des Menschen denn tatsächlich erfolgt. Die moderne Statistik gibt uns darüber Material an die Hand, das sich auf die Erfahrungen an Hunderten von Millionen Menschen stützt. Die Daten sind in Überlebenstafeln oder Absterbeordnungen angeordnet und geben ein klares Bild davon, wie die Reihen der Lebenden dauernd gelichtet werden. In der Überlebenstafel wird eine Zahl (100 oder 100 000) Geborene durch die Jahre verfolgt und es wird angegeben, wie viele von ihnen nach einem Jahr, nach 2 Jahren, nach n Jahren noch vorhanden sind. Die Überlebenstafeln sehen nun alle einander grundsätzlich sehr ähnlich insofern, als überall die Zahl der Überlebenden in den ersten Lebensjahren sich rasch vermindert, alsdann ein Zeitraum folgt, so etwa von 15 bis 20 Jahren, in dem nur wenige im Jahr sterben, die Zahl der Überlebenden also sehr langsam abnimmt und dann vom 20. Jahre an die Sterblichkeit dauernd zunimmt, so daß die Zahl derer, die überleben, immer rascher verkleinert wird. Auch noch insofern sind die Überlebenstafeln einander sehr ähnlich, als nirgends ein Knick in der Kurve zu sehen ist: ganz stetig nimmt die Sterblichkeit zuerst ab und nach dem Durchgang durch das Minimum wieder zu.

Wie kann man aus einer solchen Kurve etwas ableiten, was man als „Lebensdauer" bezeichnen könnte? Rein statistisch hat das natürlich keine Schwierigkeit. Ohne weiteres scharf definieren und eindeutig feststellen kann man die mittlere Lebensdauer, und zwar für jedes Lebensalter.

Die mittlere Lebensdauer beträgt für einen lebendgeborenen Knaben in Deutschland 35,58 Jahre, für einen 20-jährigen 38,45 Jahre, für einen 60-jährigen 12,11 Jahre. Kann man mit diesem Wert biologisch irgend etwas anfangen? Ganz gewiß nicht. Durch die Mittelwertbildung haben wir eine Zahl gewonnen, der biologisch gar keine Bedeutung zukommt.

Es erhebt sich hier die Frage, wie es überhaupt möglich ist, das Einheitliche, Gemeinsame in dem Absterben einer großen Zahl von Individuen anzugeben, deren Absterben sich auf einige

[1]) Die ausführliche Publikation über diesen Gegenstand erfolgt in der Zeitschrift für allgemeine Physiologie 1920.

Zeit in der Weise verteilt, daß immerwährend eine gewisse Zahl abstirbt.

Diese grundsätzliche methodische Frage ist in der Lehre von der Desinfektion erörtert und theoretisch gelöst worden, und ein Blick auf diese Lösung wird uns auch den Weg zeigen, auf dem wir zu einer scharfen Begriffsbildung in der Frage der zeitlichen Begrenzung des menschlichen Lebens gelangen können. Wenn man eine große Zahl gleichartiger Bakterien in eine Giftlösung bestimmter Konzentration einbringt, so werden die Keime nicht etwa alle annähernd gleichzeitig abgetötet, sondern wir bekommen eine Absterbekurve, die sich über lange Zeit hinzieht. Die genauere Untersuchung lehrt, daß diese Kurve dadurch gekennzeichnet ist, daß immer in einem bestimmten Zeitraum ein gewisser, gleichbleibender Prozentsatz der noch vorhandenen Keime abstirbt. Welches ist die „Lebensdauer" eines Bakteriums in einer solchen Giftlösung? Das ist rein eine Frage der Wahrscheinlichkeit, sie kann sehr kurz, sie kann sehr lang sein. Eine bestimmte Anzahl von Minuten dafür anzugeben hat nur einen sehr geringen Wert. Man kann nur angeben, in welcher Zeit die Anzahl der Keime immer auf die Hälfte verkleinert wird und diese „Halbwertzeit" nennt man auch die wahrscheinliche Lebensdauer. Ganz eindeutig wird aber der Verlauf des Absterbens durch eine Zahl gekennzeichnet, die man die Absterbekonstante oder den *Vernichtungsfaktor* nennen kann. Die Begriffsbestimmung dieser Zahl geht ganz einfach aus der Gleichung der Absterbekurve hervor. Die Zahl der Keime, die in jedem Augenblick noch überleben, nennen wir y und können sie berechnen aus der Gleichung

$$y = A\, e^{-kt}.$$

Hier bedeutet A die Anzahl der Keime bei Beginn des Versuchs, d. h. wenn die Zeit $t = 0$ ist, und k ist der Vernichtungsfaktor, durch den die schädigende, abtötende Wirkung des Giftes völlig erschöpfend und eindeutig gekennzeichnet ist.

Wir haben es in diesem Falle mit gleichartigen Bakterien zu tun, deren Widerstandsfähigkeit sich während der vergleichsweise kurzen Zeit des Vergiftungsversuches nicht ändert und daher bekommen wir eine so einfache Beziehung der Zahl der Überlebenden zur Einwirkungszeit der Schädigung.

Die Schädlichkeiten, die auf den Menschen dauernd einwirken, führen in langen Zeiträumen zum Absterben, und während dieser Zeit darf die Widerstandsfähigkeit des Menschen gegen die Schädigungen nicht als konstant betrachtet werden, sie nimmt vielmehr mit der Zeit ab; diese *Abnahme der Widerstandsfähigkeit* ist gerade das, was wir *„Altern"* nennen.

Wie würde eine Absterbeordnung aussehen, bei der auf die Organismen eine konstante Schädigung einwirkt, während gleichzeitig die Widerstandsfähigkeit abnimmt?

Auf alle Fälle wird die Zeit, innerhalb deren die Hälfte der noch lebenden Organismen vernichtet wird, nicht mehr konstant sein können, sondern wird immer kürzer werden, je stärker die Organismen schon „gealtert" sind. Mathematisch bedeutet das, daß der Vernichtungsfaktor noch mit einer Zahl multipliziert werden muß, die größer als 1,0 ist. Es liegt nahe, dem Ausdruck, der diese Zahl darstellt, die Form zu geben $e^{k't}$, wo t wieder die Zeit und k' den *„Alternsfaktor"* bedeutet, d. h. ein Maß für die Geschwindigkeit, mit der sich die Widerstandsfähigkeit des Organismus mit der Zeit ändert. Die Gleichung, durch die wir versuchen könnten eine Absterbeordnung darzustellen, bei der die Widerstandsfähigkeit der Organismen als Funktion der Zeit abnimmt, würde also lauten:

$$y = A \cdot e^{-kte^{k't}}.$$

Läßt sich in der Tat die Absterbeordnung des Menschen durch eine solche Gleichung darstellen, so können wir sagen: die Reihen der Lebenden werden durch den Tod in einer Weise gelichtet, als ob dauernd eine *konstante* Schädigung einwirkte, während die Widerstandsfähigkeit gegen diese Schädigung *stetig* mit dem Alter abnimmt. Wir hätten ferner einen zahlenmäßigen Ausdruck für die Größe der Schädlichkeiten gewonnen in dem *Vernichtungsfaktor* k und *einen zahlenmäßigen Ausdruck für das Altern* in dem *Alternsfaktor* k'.

Das Beobachtungsmaterial, das mit dieser Gleichung berechnet werden soll, ist recht reichhaltig. Zunächst gilt es, eine der modernen Überlebenstafeln für Mitteleuropa durch die Rechnung darzustellen.

Dabei ergibt sich eine Schwierigkeit, wenn man das Absterben einer bestimmten Anzahl Geborener von der Geburt an verfolgen will. Die Sterblichkeitsverhältnisse in den ersten Lebensjahren sind so besonderer Art, daß sie einer gesonderten Betrachtung bedürfen. Eine solche würde uns hier aber vom Wege ablenken, denn für das Problem der zeitlichen Begrenzung des Lebens aus inneren Bedingungen dürfte sie nur mittelbar von Bedeutung sein. Wir wollen also im folgenden die Kinderjahre beiseite lassen und die Absterbeordnung erst vom 20. Lebensjahre an betrachten. Bei allen bekannten Absterbeordnungen liegt um diese Zeit etwa das Minimum der Sterblichkeit. Für unsere Betrachtung nehmen wir die Widerstandsfähigkeit, bei der die Sterblichkeit minimal ist, also die im 20. Lebensjahr als Einheit. Die Zeit t bedeutet nun nicht mehr das Alter, sondern die Zeit, die seit dem 20. Jahr verflossen ist, das Alter ist also $= t + 20$.

Wie befriedigend sich eine beobachtete Absterbeordnung durch die theoretisch abgeleitete Formel darstellen läßt, mag zunächst das Beispiel der Überlebenstafel der deutschen Männer von 1871—1881 zeigen (s. Fig. 1). Die Zahl der Überlebenden bei 20 Jahren setzen wir gleich 100.

Deutschland 1871—1881

Alter in Jahren	Überlebende beobachtet	berechnet
20	100	100
30	92	93,5
40	82,5	80,5
50	69,6	66,2
60	52,6	46,1
70	29,9	25,7
80	8,5	10,0
90	0,56[1])	2,29
100	0,0034[2])	0,24

Der Berechnung ist die Gleichung

$$y = e^{-0{,}005\,t\,e^{0{,}034\,t}}$$

zugrunde gelegt. In ihr bedeutet $k = 0{,}005$ den Vernichtungsfaktor und $k' = 0{,}034$ den Alternsfaktor. Würde sich die Widerstandsfähigkeit gegen die äußeren Schädigungen nicht ändern, so würde die Zeit, in der die Hälfte der Lebenden

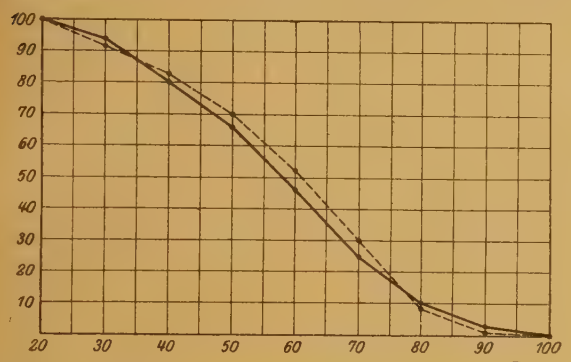


Fig. 1. Absterbeordnung vom 20. Lebensjahr an für Deutschland 1871—1881 (Männer).
– – – – beobachtete Werte.
——— berechnete Werte.
Berechnung nach der Gleichung $y = 100\,e^{-0{,}005\,t\,e^{0{,}034\,t}}$.

abstirbt, konstant sein und in unserem Falle 140 Jahre betragen. Es würden dann in jedem Jahr nur etwa 0,5 % der Lebenden sterben, so wie es jetzt bei den 20-jährigen der Fall ist. Infolge des Alterns verläuft das Absterben ganz anders. Beobachtung und Rechnung stimmen nur für die Jahresklassen der 90- und 100-jährigen nicht gut überein, doch haben die Abweichungen geringe Bedeutung. Die Häufigkeit der 90-jährigen z. B. ist in Norwegen so hoch, wie sie nach der Rechnung sein sollte, und bei den Hundertjährigen handelt es sich bei den Beobachtungen schon nicht mehr um große Zahlen. Die Absterbeordnungen der europäischen Staaten sind im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts einander alle so ähnlich, daß die angegebene Gleichung sie alle etwa gleich gut wiedergibt.

Wir haben aber auch Überlebenstafeln aus Zeiten, die viel ungünstiger waren, und ihre Durchrechnung lehrt etwas sehr Bemerkenswertes: Greifen wir die ältesten gut fundierten Absterbeordnungen heraus, die aus den Leibrentenbeobachtungen in Holland von 1586—1670 aufgestellt sind, so lassen sie sich in 2 Gruppen teilen, in Perioden, die besonders ungünstig waren, da nachweislich Pest, Flecktyphus und Pocken in ihnen besonders stark herrschten, und in solche, die weniger ungünstig waren. Beide Absterbeordnungen lassen sich sehr gut nach unserer Gleichung berechnen und wir erhalten:

in den ungünstigen Perioden $k = 0{,}016$; $k' = 0{,}02$
in den übrigen Perioden $k = 0{,}010$; $k' = 0{,}025$

Die Schädlichkeiten waren in den relativ günstigen Perioden noch doppelt so hoch wie jetzt bei uns, in den ungünstigen mehr als dreimal so hoch. Was aber bedeutet es, daß gleichzeitig die Alternsfaktoren erheblich kleiner sind als heute? Waren jene Leute spezifisch langlebiger? Diese Annahme ist nicht berechtigt. Wir müssen bedenken, daß wir nur die Absterbeordnung vom 20. Lebensjahr an betrachtet haben. In dieses Lebensalter treten die Menschen schon gesiebt durch die Sterblichkeit der jungen Jahre ein, und diese Siebung ist um so stärker, je größer die Kindersterblichkeit ist.

Da nun die Alternsfaktoren der Menschen sicher ebenso wie jede andere zahlenmäßig erfaßbare Eigenschaft um einen Mittelwert verteilt liegen, kann im 20. Lebensjahr der mittlere Alternsfaktor ein anderer sein als bei der Geburt, da wohl gerade die Kinder am stärksten ausgemerzt sind, die den höchsten Alternsfaktor hatten. Zu den Absterbeordnungen mit großem Vernichtungsfaktor gehören aber auch hohe Kindersterblichkeiten, so daß wir, wenn wir unsere Betrachtung erst bei den 20-jährigen beginnen, schon ein verschieden stark ausgewähltes Material vor uns haben.

Die Kenntnis dieser Beziehung der Größe des Alternsfaktors zur Größe des Vernichtungsfaktors ist wichtig, da man sonst leicht versucht sein könnte, Rassenunterschiede da zu vermuten, wo es sich nur um die Wirkung starker Schädigungen handelt.

Es ist bekannt, daß die Eskimos nicht alt werden, nur etwa 2 % der Männer überschreiten das 60. Jahr. Bedeutet das, daß die Eskimos eine kurzlebige Rasse sind? Die Analyse der Absterbeordnung, von denen wir zwei besitzen, belehrt uns eines Besseren.

Für sie ist von 1860—1870: $k = 0{,}023$; $k' = 0{,}019$
von 1880—1890: $k = 0{,}020$; $k' = 0{,}020$

(wie gut bei Benutzung dieser Konstanten die Beobachtungen durch die Rechnung wiedergegeben werden, zeigt Fig. 2); d. h. die äußeren Schädigungen sind 4,0- bzw. 4,6-mal so groß wie bei uns, der Alternsfaktor ist absolut kleiner, muß aber, wenn wir ihn mit den Erfahrungen aus dem 17. Jahrhundert zusammenhalten, als genau dem Vernichtungsfaktor der Europäer entsprechend angesehen werden. Ähnlich liegen die Verhältnisse für Indien. Die folgende Zusammenstellung ruht auf den Beob-

[1]) In Norwegen 2,595.
[2]) In Norwegen 0,046.

achtungen von 1881—1891. Die Berechnung ist erfolgt nach der Gleichung

$$y = 100\, e^{-0{,}012\, t\, e^{0{,}025\, t}}.$$

Indien 1881—1891

Überlebende

Alter in Jahren	beobachtet	berechnet
20	100	100
25	93,8	93,8
35	76,4	76,2
45	57,4	57,2
55	38,2	36,5
65	20,5	19,0
75	7,05	7,41
85	0,88	1,97

Der Vernichtungsfaktor ist also 2,4-mal so groß wie jetzt in Deutschland, und der Alternsfaktor entspricht fast genau der Höhe dieses Vernichtungsfaktors, wie aus dem Vergleich mit den günstigeren Perioden des 17. Jahrhunderts in Holland hervorgeht. Es läßt sich also auch hier nicht feststellen, daß die Inder aus inneren Gründen rascher alterten als wir, und die Tatsache, daß sich die moderne Absterbeordnung Japans von denen europäischer Staaten nicht unterscheidet, zeigt, daß auch den Mongolen kein anderer Alternsfaktor zukommt als uns.

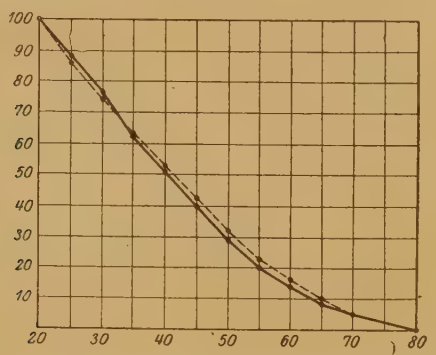


Fig. 2. Absterbeordnung für Grönland (Eskimos) aus den Jahren 1860—1870 (Männer).
_ _ _ _ beobachtete Werte.
_____ berechnete Werte.

Berechnung nach der Gleichung: $y = 100\, e^{-0{,}023\, t\, e^{0{,}019}}$.

Die Frage, wie es möglich ist, das Gemeinsame im Absterben einer großen Zahl von Individuen herauszuheben, die unter der Wirkung äußerer Schädlichkeiten bei abnehmender Widerstandskraft dahinsterben: diese Frage ist jetzt gelöst. Nicht die Angabe irgend einer Zahl von Jahren kann die gestellte Aufgabe lösen, sondern die Angabe zweier Zeitfaktoren, des Zeitfaktors der Schädigungen und des Zeitfaktors der Abnahme der Widerstandsfähigkeit. Wir können für jedes Lebensalter angeben, wie viele Prozente von den Todesfällen, die in ihm vorkommen, auf Rechnung des Alterns zu setzen sind und wie viele auch dann vorkommen würden, wenn die Widerstandsfähigkeit unverändert dieselbe bliebe, wie mit 20 Jahren. Diese letzteren Todesfälle wollen wir als durch die Schädigungen bedingt hinstellen, oder korrekter durch das Verhältnis der Widerstandsfähigkeit 1,0 zu den Schädigungen. Wie die folgende Zusammenstellung zeigt, ist schon zwischen 30 und 40 Jahren die Zahl der Todesfälle, die auf Rechnung des Alterns kommen, etwas größer als die Zahl der Todesfälle, die auch ohne Altern, ohne Abnahme der Widerstandsfähigkeit zu erwarten wären.

im Alter von Jahren	Es entfallen Todesfälle: auf Wirkung der Schädigungen bei unveränderter Widerstandsfähigkeit	auf Wirkung der verminderten Widerstandsfähigkeit, d. h. auf das „Altern“.
20—30	62,5 %	37,5 %
30—40	48,5 %	51,5 %
40—50	32,0 %	68,0 %
50—60	20,5 %	79,5 %
60—70	11,6 %	88,4 %
70—80	7,0 %	93,0 %
80—90	0,5 %	99,5 %

Bei dieser Art der Betrachtung sehen wir also eine schon im jugendlichen Lebensalter einsetzende Verminderung der Widerstandsfähigkeit als das wesentliche Moment der zeitlichen Begrenzung des individuellen Lebens. Mit dem Begriff der Lebensdauer können wir biologisch gar nichts anfangen, da diese Größe, mag man sie definieren wie man will, stets von den äußeren Lebensbedingungen beeinflußt wird, während die allgemein-physiologische Frage die ist, in welcher Weise die Widerstandsfähigkeit des Organismus gegenüber schädigenden Einwirkungen sich mit der Zeit vermindert. Die Antwort auf diese Frage gibt die Gleichung, nach der wir die Überlebenstafel berechnet haben. Der Alternsfaktor k' sagt alles das, was allgemein-physiologisch über die Begrenzung des Lebens durch das Altern zu sagen ist, und sagt mehr, als der verschwommene Begriff der Lebensdauer, der in der Biologie ohne besondere Definition gebraucht wird. Von diesem Standpunkte aus gewinnt nun auch die Frage nach der Lebensdauer der Tiere und nach allgemeinen Gesetzmäßigkeiten, die diese Lebensdauern regeln mögen, ein neues Gesicht.

Statt der kasuistischen Angaben über die Dauer des Lebens einzelner Exemplare verschiedener Tierarten brauchen wir Absterbeordnungen der Tiere; und statt zu versuchen, irgend etwas Gemeinsames in den „Lebensdauern“ verschiedener Tierarten zu finden, sollten die Alternsfaktoren auf ihre Abhängigkeit von inneren oder äußeren Bedingungen geprüft werden.

Was die erste Forderung anlangt, so können einige Erfahrungen der Seefischerei als vorläufiges Material gelten, aus dem man unter bestimmten wahrscheinlichen Voraussetzungen Überlebenstafeln erhalten kann. Bei der Scholle hat sich dabei überhaupt kein Einfluß des Al-

terns merkbar gemacht. Die Verminderung des Bestandes der einzelnen Jahrgänge erfolgt gerade so, wie das Absterben der Bakterien in einer Giftlösung, d. h. es wird bei den Schollen jährlich ein gewisser stets gleicher Prozentsatz der Lebenden vernichtet. Beim Hering dagegen macht sich die Wirkung des Alterns in der relativ schwächeren Besetzung der älteren Jahrgänge deutlich bemerkbar.

Was die zweite Frage anlangt, ob es möglich ist, Gesetze über die Größe der Alternsfaktoren verschiedener Tiere aufzustellen, so ist darüber nichts bekannt. Daß aber der Versuch *Rubners*, etwas Einheitliches in der Lebensdauer der Säugetiere zu finden, auch abgesehen von der ungenügenden empirischen Begründung, methodisch verfehlt ist, bedarf nach den vorstehenden Ausführungen wohl keiner besonderen Begründung mehr.

Aus der Analyse der Überlebenstafel des Menschen geht hervor, daß das Sterben in jedem Lebensalter (vom 20. Jahre an) aufzufassen ist als das Resultat der Wirkungen von äußeren Schädigungen, die für alle Lebensalter im Mittel gleich sind, und auf einen Organismus einwirken, dessen Widerstandsfähigkeit gegen diese Schädigungen vom 20. Lebensjahr an *stetig* abnimmt.

Das „Altern", die Abnahme der Widerstandsfähigkeit, macht sich schon im jugendlichen Alter, schon zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr deutlich geltend. In den Jahren, die wir als die Höhe der Mannesjahre bezeichnen, ist der Organismus schon erheblich „gealtert", und stetig schreitet diese Veränderung fort bis zum höchsten Greisenalter hin.

Diese Art der Auffassung, die auf den ersten Blick befremdlich erscheint, findet in Erfahrungen der pathologischen Anatomie eine gute Stütze. Wie *Ribbert* (1908) ausgeführt hat, sind die beiden Organe, deren Versagen am häufigsten den Tod herbeiführt, das Herz und das Gehirn, ja für den „physiologischen Tod" schränkt *Ribbert* diesen Satz noch ein und sagt: „Der natürliche Tod ist ein Gehirntod." An diesen beiden Organen, deren Versagen das Leben zu begrenzen pflegt, lassen sich sehr ausgesprochene Altersveränderungen nachweisen, die in der Anhäufung von Pigmentkörnchen bestehen. Und diese Veränderungen beginnen nicht erst im Greisenalter, sondern schon in den ersten Lebensjahren (Ganglienzellen des Gehirns) bzw. im höheren Kindesalter (Herzmuskel) und nehmen mit der Zeit immer mehr zu. Auch die Stützsubstanzen des Körpers, d. h. also Bindegewebe, Neuroglia, Grundsubstanz des Knorpels und Knochens und nicht minder die Gefäßwände erleiden schon in mittleren Lebensjahren Veränderungen ihrer physikalischen Beschaffenheit, die wir als Altersveränderungen ansehen müssen.

So zeigt auch die Anatomie keine irgendwie erkennbare Grenze, bei der das Altern beginnt, sondern eine *stetige* Abnahme der Wertigkeit der Bausteine des Körpers, genau wie die theoretische Analyse der Absterbeordnung es fordert.

Literatur.

1901. *H. Westergaard*, Die Lehre von der Mortalität und Morbilität, 2. Aufl., Jena, G. Fischer.
1908. *H. Ribbert*, Der Tod aus Altersschwäche, Bonn 1908.
1908. *Rubner*, Sitz.-Ber. d. Akad. Wiss. Berlin.
1911. *A. Pütter*, Vergleichende Physiologie, Jena, G. Fischer.
1917. *E. Korschelt*, Lebensdauer Altern und Tod, Jena, G. Fischer.

Besprechungen.

Hansen, Adolph, Goethes Morphologie. (Metamorphose der Pflanzen und Osteologie.) Ein Beitrag zum sachlichen und philosophischen Verständnis und zur Kritik der morphologischen Begriffsbildung. Gießen, Alfred Töpelmann, 1919. 8°. IV, 200 S. Preis M. 10,—.

Im Jahre 1907 veröffentlichte der Gießener Botaniker *Adolph Hansen* ein umfassendes Werk über *Goethes* Metamorphose der Pflanzen mit einem Atlas von 28 Tafeln. Merkwürdigerweise hat diese bedeutungsvolle Arbeit in einer der neuesten Darstellungen der botanischen Morphologie, die *W. Benecke* zum Verfasser hat und in *Hinnebergs* Sammelwerk „Kultur der Gegenwart" erschien, nicht die geringste Beachtung gefunden, und *Hansen* sieht sich deshalb veranlaßt, in vorliegendem Buche die Ergebnisse seiner Forschungen nochmals zusammenzufassen. Zugleich wurde ihm die Beschäftigung mit *Goethes* osteologischen Arbeiten durch *Kohlbrugges* Schrift über „Goethe als Naturforscher" aufgedrängt. Sein Buch gliedert sich demgemäß in zwei Hauptteile, von denen der erste die Metamorphosenlehre, der zweite *Goethes* Osteologie und Naturforschung im allgemeinen behandelt, wozu dann noch umfangreiche historische und kritische Zusätze kommen.

Was zunächst die Metamorphosenlehre betrifft, so teilt Verfasser deren Kritiker in 4 Gruppen ein: 1. solche, die wie *Kohlbrugge* die Hypothese *Goethes* überhaupt für unwissenschaftlich oder wertlos halten; 2. solche, die wie *Chamberlain* die Priorität des Gedankens *Linné* zuweisen wollen; 3. solche, die diese Priorität *C. F. Wolff* zuschieben, wie z. B. *Schleiden*, und 4. solche, die, wie *Elisabeth Rotten*, *Goethes* Gedanken zwar für wissenschaftlich und berechtigt halten, ihn aber ganz auf das Gebiet philosophischer Spekulation im Sinne *Platos* verlegen möchten.

Verfasser ist davon überzeugt, daß die Metamorphosenlehre in ziemlich unveränderter Weise, wie sie von *Goethe* ausgesprochen wurde, in der heutigen Botanik Geltung besitzt und daß weder *Wolff* noch *Linné* die Priorität gebührt. *Goethe* erklärte die Formen durch Wechsel von Zuständen desselben Organs, *Wolff* durch völlige Vertretung eines Organs durch ein anderes. Bei *Linné* wird der Ausdruck „Metamorphose" in einem ganz anderen Sinne gebraucht wie bei *Goethe*. Jener verglich die Pflanzenorgane mit tierischen, dieser verglich sie von vornherein untereinander und erkannte dadurch den wahren, d. h. genetischen Zusammenhang zwischen Vegetationsorganen und Blütenteilen. Dabei nahm er, wie *Hansen* gegenüber *Sachs* und seinen Anhängern hervorhebt, die wirkliche Umwandlung von Blattanlagen in Blütenteile und nicht nur ein ideales Grundorgan als das sich Verwandelnde

an. Verfasser hält zwar den Versuch, in ernster Weise *Goethes* Denkart mit *Plato* zu vergleichen, für berechtigt, ist aber der Ansicht, daß für die Metamorphosenlehre ein Vergleich mit *Plato* gar nicht in Betracht komme. *Goethe* habe nirgends eine „Idee" als Blatt bezeichnet, sondern den materiellen Anfang der Blattmetamorphosen, denn er betrachte als Ursache der Formänderung materielle Einflüsse, nämlich veränderte Ernährung. Die Bezeichnung „idealistische Morphologie" sei irreführend. Die heutige Morphologie ist nach *Hansen* in der Erkenntnis dessen, was die Blattanlagen eigentlich sind und wodurch sie sich umbilden können, über *Goethe* nicht weit hinausgekommen. Das Versteifen auf einen angeblich größeren Realismus in der heutigen Metamorphosenlehre *Goethe* gegenüber hält er für unbegründet.

Es ist natürlich nicht möglich, im Rahmen eines kurzen Referats die Auffassung *Hansens* eingehender zu kritisieren. Ich habe meinen Standpunkt bereits früher in dieser Zeitschrift dargelegt („Der Sinn der Pflanzenmetamorphose bei Goethe" 1913, Heft 41, S. 982 bis 985) und glaube auch heute noch, daß in *Goethes* Hypothese mehr „Platonismus" oder vielleicht richtiger „Plotinismus" enthalten ist, als *Hansen* zugeben will.

Im zweiten Teil seiner Arbeit setzt sich unser Verfasser mit *Kohlbrugge* auseinander. Er gibt diesem mit Beziehung auf *Goethes* Arbeit über den Zwischenkieferknochen darin recht, daß *Visq d'Azyr* „die eigenartige und unvermutete Übereinstimmung des Zwischenkiefers bei Mensch und Tier" schon vor *Goethe* erkannt habe, bestreitet aber entschieden, daß dem Dichter die Studien des französischen Forschers schon während seiner eigenen Untersuchung und der Abfassung seiner Abhandlung bekannt waren. Ebenso entschieden wendet er sich gegen *Kohlbrugges* Behauptung, *Goethe* sei kein Naturforscher gewesen, weil er kein Anhänger der mechanistischen Naturanschauung war. In diesem Falle müßten auch *Newton, Lamarck, Linné* und *Cuvier*, sogar *Galilei* und *Kepler* aus der Reihe der Naturforscher gestrichen werden. Weniger berechtigt als diese Argumentation scheint mir das Bemühen *Hansens*, dem Typusbegriff *Goethes* den Charakter einer „schaffenden Idee" völlig abzusprechen und ihn lediglich als „Musterbild" gelten zu lassen. Ich glaube vielmehr, daß der „Typus" bei *Goethe* auch dynamisch aufzufassen ist. Dagegen stimme ich mit dem Verfasser völlig überein, wenn er am Schluß seiner umfassenden und gründlichen, wenn auch teilweise etwas weitschweifigen Arbeit sagt, daß das Studium Goethischen Denkens auch für unser heutiges wissenschaftliches Urteil fruchtbringend ist und eine „Auferweckung des Geistes" zum Aufsuchen richtiger Wege der Erkenntnis bedeutet. Meine mehr als 25-jährige Beschäftigung mit *Goethes* naturwissenschaftlichen Schriften ließ mich durchaus empfinden, was *Hansen* in dem Satz zum Ausdruck bringt: „Wer sich mit *Goethes* Naturforschung beschäftigt, wird das Befreiende seines Einflusses nicht leugnen können."

Walther May, Karlsruhe.

Stempell, W, Leitfaden für das mikroskopisch-zoologische Praktikum. 2. Aufl., Jena, G. Fischer, 1919, (1. Aufl. 1911.) IV, 105 S. und 86 Abbildungen. Preis geh. M. 7,—, geb. M. 9,—.

Unter dem „mikroskopischen" Praktikum ist in diesem Leitfaden alles das zusammengefaßt, was nur mit Hilfe von optischen Instrumenten genauer untersucht werden kann. Über die Zweckmäßigkeit dieser Verteilung des im zoologischen Laboratorium zu bietenden Stoffes kann man anderer Ansicht als der Verfasser sein. Manches in diesem Leitfaden Gebotene gehört nach meinem Dafürhalten in den morphologisch-anatomischen Teil, so daß dann mehr Raum und Zeit für die histologische Untersuchung übrig bleibt.

Abgesehen von diesen mehr den Lehrbetrieb angehenden Fragen, ist der Leitfaden für angehende wie auch schon beruflich tätige Oberlehrer sehr zu empfehlen, ja auch der Fachzoologe wird darin manches Wissenswerte, besonders an kleinen technischen Fingerzeigen, finden.

Eine kurze Einleitung führt zunächst in den Gebrauch des Mikroskops ein, wobei auch die Notwendigkeit des Zeichnens besonders betont wird. Der Stoff selbst ist auf 25 Abschnitte verteilt (1—5 Protozoen, 6 Spongien, 7—9 Coelenteraten, 9—14 Vermes, 15 Echinodermen, 16 — 17 Crustaceen, 18 — 20 Arachnoiden, Myriapoden, Insekten, Bryozoen, 21 Mollusken, Tunicaten, 22—25 Vertebraten). Sehr wesentlich ist die Angabe der Materialbeschaffung. Für jedes Objekt wird dann der Gang der Untersuchung, das, worauf besonders zu achten ist, besprochen. Von Konservierungs- und Färbemethoden, Verfahren zur Anfertigung von Dauerpräparaten sind nur die einfacheren aufgeführt. Alles ist kurz aber klar abgefaßt.

Wenn irgendwelche Ausstände gemacht werden sollen, so sind es nur einige Kleinigkeiten. — Die Methode, zum Einbetten über einer Flamme frisch geschmolzenes Paraffin zu verwenden, dürfte sich für Anfänger wegen der Gefahr der Überhitzung vor allem bei empfindlichen Objekten nicht empfehlen. Angebrachter ist es wohl, im Thermostaten geschmolzenes und filtriertes Paraffin stets vorrätig zu haben. Wenn der Ofen 2—3 ° höher steht als der Schmelzpunkt des Paraffins beträgt, genügt es vollkommen, um das Objekt in Ruhe richtig orientieren zu können. — Beim Schneiden von Paraffinblöcken wird gesagt „auf allen Seiten möglichst wenig Paraffin" (S. 34) zu lassen; vorteilhafter ist es wohl, besonders bei Objekten, die sich leicht rollen, vor demselben, d. h. nach dem Messer zu, mehr Paraffin stehen zu lassen, um den Schnitt ohne Gefahr mit einem Pinsel halten zu können. — S. 73, Zeile 13 v. o. ist ein Druckfehler stehen geblieben. Es muß natürlich heißen *Gilson* (nicht *Gibson*). — Bei dem Rezept für das Henningsche Gemisch (S. 75) ist es vielleicht praktischer, die einzelnen Flüssigkeitsmengen in ccm anstatt g anzugeben. — Während bei allen Fixierungs- und Färbungsflüssigkeiten der Autor angeführt ist, fehlt S. 95 Anm. der Name „*Bouin*" für das Pikrin-Essigsäure-Formol-Gemisch. Von Einschlußmitteln vermisse ich das Venetianische Terpentin; da es schon nach 96 % Alkohol angewendet werden kann, empfiehlt es sich besonders nach chitinigen Objekten, die oft sehr schwer zu entwässern sind und beim Überführen in Balsam leicht wieder trübe werden. Dem langsamen Hartwerden der Präparate läßt sich etwas dadurch nachhelfen, daß man mit einer heißen Nadel den Rand des Präparates umfährt.

Krüger, Bonn.

Zuschriften an die Herausgeber.

Spezielle Relativitätstheorie und Probleme des Atomkerns.

Nachdem *Stern* und *Volmer* (Ann. d. Phys. 59, p. 225, 1919) kürzlich auf experimentellem Wege gezeigt haben, daß Wasserstoff und Sauerstoff nicht Ge-

mische von Isotopen mit streng ganzzahligen Atomgewichten sein können, kam bei Verfolgung der *Prout*schen Hypothese zur Erklärung der Abweichungen der Atomgewichte von der Ganzzahligkeit nur mehr der Satz der speziellen Relativitätstheorie in Betracht, wonach die *Energie Masse besitzt*. Dieser Satz ist schon früher von *Swinne* (Phys. Z. S. 14, p. 145, 1913), allerdings mit negativem Erfolge, auf die bei den radioaktiven Umwandlungen sich ergebenden Atomgewichtsdifferenzen angewendet worden, auch *Lenz* (Münchner Ber. 1918, p. 355) hat ihn gelegentlich zur Beantwortung einer Stabilitätsfrage herangezogen.

Derartige Stabilitätsprobleme sind nun durch die bewundernswerten Untersuchungen von *Rutherford* (Phil. Mag. 37, p. 537, 562, 571, 581, 1919) über den Zusammenstoß von α-Partikeln mit den Atomen leichter Elemente aufgeworfen worden, über die in dieser Zeitschrift Herr *Fajans* kürzlich berichtet hat. Die rechnerische Behandlung der vermuteten *Zerlegung des Stickstoffatomkernes* führt zu einer *vollständigen numerischen Bestätigung obiger Folgerung der Relativitätstheorie*, die den übrigen Leistungen dieser Theorie ebenbürtig zur Seite stehen dürfte. Betrachtungen, die in Zusammenhang mit diesem Ergebnisse angestellt wurden, ergeben Schlüsse über die Konstitution der Atomkerne der leichten Elemente, erlauben eine *Berechnung des Heliumatomgewichtes* auf Grund der unter den Rutherfordschen Bedingungen *wahrscheinlich auch eingetretenen Zerlegung des Sauerstoffkernes*, usw. Diese Erfolge ermutigten zu einem neuerlichen Versuche, auf ähnliche Weise die Atomgewichtsdifferenzen der Radioelemente zu erklären. Trotz der seit 1913 wesentlich genauer bekannten Daten bezüglich der α- und β-Strahlen und einiger Atomgewichte der radioaktiven Substanzen konnte aber — in Bestätigung der Ergebnisse von *Swinne* — eine Übereinstimmung mit der Erfahrung auf dieser Grundlage allein nicht erzielt werden. *Nimmt man hingegen eine sehr kurzwellige Kern-(γ-)Strahlung an, deren Wellenlänge sich schätzungsweise ermitteln läßt, so ist die Relativitätstheorie auch hier wieder imstande, eine befriedigende Aufklärung zu liefern.* Die Möglichkeit der Existenz einer derartigen Kernstrahlung, die so durchdringend sein müßte, daß sie höchstens von den schwersten Elementen in geringem Maße absorbiert werden könnte, ist übrigens schon früher von *Rutherford* (Nature, 95, p. 494, 1915) erwogen worden.

Die auf die nicht-radioaktiven Elemente bezüglichen Überlegungen setzen, was hier noch besonders betont werden möge, voraus, daß der Elektronenhülle des unbeeinflußten Atoms kein wesentlicher Anteil an der Stabilität seines Kernes zukommt. Ähnlich wie das neuerdings mehrfach behandelte Problem der „Stabilität des Elektrons" erwächst der allgemeinen Relativitätstheorie ein Problem der Stabiliät des Wasserstoffkerns sowie der Atomkerne überhaupt. Aufgaben der letzteren Art gestatten die oben angedeuteten Betrachtungen in einigen Fällen quantitativ zu formulieren.

Ein Teil der die Zerlegung des Stickstoffkernes betreffenden Resultate wurde vom Verfasser in den „Physikalischen Besprechungen" an der Wiener Universität am 20. November 1919 vorgetragen, worüber eine vorläufige Mitteilung für die Verh. d. D. Phys. Ges. bestimmt ist. Die ausführliche Arbeit wird voraussichtlich in den Wiener Berichten erscheinen.

Wien, den 18. Dezember 1919. *A. Smekal.*

Über die Beziehung zwischen Zerfallskonstante und Reichweite und den Bau des Atomkerns.

Die Geiger-Nuttallsche Beziehung

$$\log \lambda = A + B \log R$$

wurde von *F. A. Lindemann* aus dem wahrscheinlichkeitstheoretischen Ansatz für die Zerfallswahrscheinlichkeit

$$\lambda = (\tau \nu) N,$$

in welchem N die Zahl der beim Zerfall mitwirkenden Teilchen des Kerns, ν deren mittlere Frequenz und τ ein Konstante bedeuten, sowie der Quantenbedingung

$$E = h\nu$$

für die Energie eines Teilchens abgeleitet. Aus der Gleichung

$$\log \lambda = Na + {}^2/_3 N \log R$$

ergab sich N für alle radioaktiven Elemente ungefähr gleich 80. Auf Grund teilweiser Neubestimmung der Reichweiten berechnete *St. Meyer* für die Ra-Reihe $N = 81$, für die Th-Reihe $N = 77$ und für die Ac-Reihe unter Zugrundelegung der Punkte von Rd Ac, Ac X und Ac Em im $\log \lambda = R$-Diagramm $N = 71$.

Indem wir uns der Auffasung *W. Kossels* anschließen, daß die Atomkerne wesentlich aus He-Kernen und Elektronen bestehen, gelangen wir für die radioaktiven Elemente zu Werten von N, die sich von Element zu Element ändern, wenn wir annehmen, daß *alle* Kernbestandteile beim Zerfall zusammenwirken. Die Übereinstimmung mit den von *St. Meyer* berechneten N ist eine sehr gute. Es ergibt sich z. B. für ThA $N = 77$, für RaA $N = 81$, wenn man hier neben den He-Kernen noch zwei selbständige H-Teilchen annimmt, entsprechend dem allgemeinen Atomgewicht der Ra-Reihe $4n + 2$. Bemerkenswert ist, daß sich bei Einsetzung unserer N in die Gleichung $\log \lambda = Na + {}^2/_3 N \log R$ die Größe a für die aufeinanderfolgenden α-Strahlen jeder der beiden Reihen merklich konstant ergibt, während sie sich sprunghaft ändert, sobald β-Zerfall eintritt.

Für die Ac-Reihe liefert sowohl die Annahme eines allgemeinen Atomgewichtes $4n + 3$, als auch die eines Atomgewichtes $4n + 7$ vortreffliche Konstanz von a, wenn man weiter annimmt, daß im Falle des allgemeinen Atomgewichtes $4n + 3$ die neben den He-Kernen vorhandenen 3 H-Teilchen mit 2 Elektronen zu einem Komplex vereinigt sind; jedoch fällt die AcEm heraus. Wir vermuten daher, daß die heute bekannte Ac-Reihe aus zwei parallel verlaufenden Zerfallsreihen mit den allgemeinen Atomgewichten $4n + 1$ und $4n + 3$ und identischem N für korrespondierende Elemente besteht, deren Zerfallskonstanten sich nahezu gleichen. Der neuen vierten Zerfallsreihe mit dem Atomgewicht $4n + 1$ würde der zweite α-Strahler im RdAc angehören. Desgleichen wäre die Reichweite der AcEm als diejenige der Em der neuen Reihe zu betrachten. Die vierte Zerfallsreihe vervollständigt das Bild, welches die Radioelemente in ihrer Gesamtheit bieten, und bringt es zu einem gewissen Abschluß. Die Schlüsse, die sich aus dem Verhalten der Größe a für den Bau des Atomkerns ergeben, sollen Gegenstand einer besonderen Arbeit sein.

Wien, den 18. Dezember 1919. *G. Kirsch.*

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Sitzung am 6. Dezember 1919 sprach Hauptmann *Trautz* (Berlin) über **Reiseeindrücke aus der südlichen Mandschurei**, die einem Besuch der Schlachtfelder des russisch-japanischen Krieges im

Herbst 1909 entstammen. Die südliche Mandschurei ist ein Grenzgebiet, in dem die verschiedensten Gegensätze aufeinanderstoßen und eine ganze Reihe von Kultur-, Sprach- und Interessenkreisen sich überschneiden.

Die klimatischen Gegensätze der extremen Jahreszeiten sind außerordentlich groß. Im Januar herrscht die gleiche Temperatur wie im Eismeer südlich von Spitzbergen, während die Juliwärme etwa derjenigen der Kapverdischen Inseln gleichkommt. Nur an der südlichsten Spitze der Mandschurei ist das Meer eisfrei, nicht in der Bucht von Yinkow. Morphologisch teilt sich das Land in die lehmige Diluvialebene des Liaoflusses und das im allgemeinen aus Gneis und Granit bestehende Gebirgsdreieck Mukden—Antung—Port Arthur.

Weltgeschichtlich sind schließlich die unter dem Namen Mongolensturm bekannten Bewegungen aus der mittleren und nördlichen Mandschurei hervorgegangen. Im 17. Jahrhundert haben die Mandschus China und

den dortigen Kaiserthron erobert, den sie bis 1912 behauptet haben. Schon Ende des vorigen Jahrhunderts ist aber die Mandschurei in ihr wirtschaftliches Zeitalter getreten. Die ersten Pionierdienste leisteten die Russen; im Norden haben sie Getreidebau und Mühlenindustrie, im Osten, am Yalu, Holzausbeutung, im Süden und Westen Bohnenanbau gefördert, wenn auch nirgends mit der Energie und Geschicklichkeit, die jetzt die Japaner dort auszeichnet. Natürlich hat Japan durch den Weltkrieg seinen Einfluß nach Norden weiter ausgedehnt, wahrscheinlich inzwischen bis zum Amur, wenn nicht darüber hinaus.

Im übrigen hängt die wirtschaftliche Entwicklung des Landes, das eine große Zukunft hat, von seiner Erschließung durch Straßen und Eisenbahnen ab. Von Kohle sind zwei Vorkommen, südlich und östlich von Mukden bekannt, für welche die Verwaltung der Südmandschurischen Eisenbahn, in deren Bereich sie gelegen sind, eifrig die Werbetrommel rührt.

Als Getreide wird hauptsächlich der Kauliang angebaut, eine 2 bis 3 m hohe Hirseart, von der aber neben dem Korn auch Stengel und Blätter die mannigfaltigste Verwendung finden, u. a. auch zur Herstellung von Papier.

Im einzelnen wurden die Ausführungen durch zahlreiche Lichtbilder, darunter manche umfassende Panoramen, veranschaulicht. Von Port Arthur über Wafangu, Tashitschao, Liaoyang, das seit dem 9. Jahrhundert und bis in den Anfang des 17. Jahrhunderts Hauptstadt war, führten die Bilder bis vor die Tore von Mukden. Dann wurde die Straße und Kleinbahn Antung—Fönhuangtschön (jetzt zur Vollbahn ausgebaut) noch bis zur Paßhöhe des Motienlin- (= den Himmel berührenden) Passes gezeigt. Auf dieser Strecke ist insbesondere der Phönixberg, eine charakteristische Erhebung in dem dortigen Granitmassiv, bemerkenswert. Seine zackige, auffallende Silhouette bleibt weithin als Wahrzeichen sichtbar und drückt dem Bergland des nordwestlichen Yaluufers seine charakteristische Note auf. Einige geographisch interessante Bilder veranschaulichten das Bett des mächtigen Yalustromes, eines sich vielfach verzweigenden ungebändigten Riesenstromes, der seinen Namen (= Grenze) voll verdient.

Zum Schluß folgte eine kurze Aufzählung der Industrie- und Produktionszweige, denen das behandelte Gebiet günstige Entwicklungsbedingungen bietet und die bereits von einer durch Einwanderung in rascher Zunahme begriffenen fleißigen Bevölkerung intensiv betrieben werden. Die Führung hat auch hier das stets wohlorientierte englische Kapital, wie überhaupt Engländer und Amerikaner schon seit 6 bis 7 Jahren nicht müde werden auf die glänzenden Aussichten hinzuweisen. An der Spitze steht der Bohnenbau. Das Öl der Sojabohne findet vielfach zur Herstellung von englischen Seifen, die als Rückstand bei der Ölpressung übrig bleibenden Bohnenkuchen als Viehfutter Verwendung. Daneben kommen in Betracht Seidenzucht, Brauerei der Sake aus Reis, Salzgewinnung, Flachs- und Mühlenindustrie, Gerberei und Papierfabrikation, Konservenfabrikation, Seidenbau, Getreidebau und schließlich, besonders für die der Mongolei benachbarten Teile, Viehzucht.

In der Sitzung am 4. Januar 1920 hielt Geheimrat *A. Penck* (Berlin) einen Vortrag über **Die geographische Ausbreitung des Menschengeschlechtes.** Die Verbreitung der physikalisch-geographischen Erscheinungen über die Erde zeigt ein Wechselspiel zwischen Ursachen und Wirkungen, und die Verbreitungsgebiete der einzelnen Erscheinungen brauchen nicht miteinander zusammenzuhängen. Im Gegensatz dazu finden wir bei der Verbreitung der Formen des Lebens (Tiere und Pflanzen) keine so ausgesprochene Wechselbeziehung. Sie erscheint vielmehr als Ergebnis einer Ausbreitung von bestimmten Zentren, also eines Bewegungsvorganges. Die Lebewesen sind nicht so innig an die Erdoberfläche geknüpft wie die physikalischen Erscheinungen. Daher gelangen sie auch nicht in alle jene Gebiete, in denen zusagende Lebensbedingungen vorhanden sind. Hier kommt eben ein geschichtliches Element in den Kreis der Betrachtungen hinein. Aber unsere Kenntnis von der Entwicklung ist so lückenhaft, daß wir gezwungen sind, aus der jetzigen Verbreitung auf ihre Geschichte Schlüsse zu ziehen und nicht umgekehrt.

Auch bei dem Studium der Ausbreitung des Menschengeschlechtes empfiehlt es sich daher, nicht den historischen Weg einzuschlagen, sondern von der Natur des Menschen und einer Art physiologischer Betrachtung auszugehen. Beim Menschen kommen andere Faktoren in Betracht als bei den übrigen Organismen, da ihm andere Mittel der Ausbreitung zur

Verfügung stehen. Der auf tierischer Stufe stehende Naturmensch ohne höhere geistige Fähigkeiten, als den der Vortragende einen „homo animalis" substituiert, kennt keine Kleidung, keine Werkzeuge, kein Feuer, keine Wohnung und keine Wirtschaft, sondern lebt von der Hand in den Mund. Seine Verbreitung wäre sehr beschränkt. Das Meer und größere Wüsten wären für ihn unüberwindliche Grenzen, denn selbst der, den Verhältnissen der Wüsten am besten angepaßte Buschmann vermag nur etwa 120 km weit ohne Wasser vorwärts zu kommen. Eine angenäherte Vorstellung von der Verbreitung, die der homo animalis auf der Erde haben würde, können wir uns machen, wenn wir die heutige Verbreitung nackter Völker ins Auge fassen, die nur ausnahmsweise polwärts über die Parallelkreise von 30 ° hinausgreift. Denn außer der Wassergrenze und der Wüstengrenze ist es namentlich die Wintergrenze, die seiner Ausbreitung ein Ziel setzt. Die Überschreitung dieser Grenzen ist nur durch eine höhere geistige Tätigkeit und Erfindungen möglich, die der Wassergrenze durch Schiffe und Steuerkunst, der Wüstengrenze durch Zähmung von Tragtieren und Erfindung von Wagen sowie anderen Transportmitteln, der Wintergrenze durch Erfindung von Kleidung, Hausbau und Ansammeln von Vorräten (Wirtschaft). Das Wesentliche aber für den Übergang vom Naturmenschen zum Kulturmenschen ist die Erfindung des Anbaues von Kulturpflanzen und der Aufzucht von Nutztieren, also die Tätigkeit der Reproduktion gegenüber der reinen Konsumption. Noch heute stehen manche Völkerstämme auf dem Niveau eines Naturvolkes, wie z. B. die Buschmänner und Weddas. Sie brauchen aber deshalb nicht primitive Menschen zu sein, vielmehr besitzen sie vermöge der Schärfe der Sinne, ihres großen Orientierungsvermögens und mancher anderen Eigenschaften, die dem Kulturmenschen abhanden gekommen sind, eine weitgehende Anpassung an die Natur.

Der Kulturmensch dagegen formt die Natur um und wirkt dadurch geographisch gestaltend. Erst die menschliche Wirtschaft hat jene Gebiete jenseits der Wintergrenze erschlossen, in denen die großen Kulturzentren der Erde (Westeuropa, das nördliche China usw. liegen. Während der Naturmensch für die Ortsveränderung lediglich auf seine Beine angewiesen ist, gibt es keine Schranken mehr für die Ausbreitung des Kulturmenschen auf der Erde, nachdem er im Unterseeboote unter dem Eise des Polarmeeres und im Flugzeuge und Luftschiff über Meere, Wüsten und Gebirge hinweg gelangen kann. Aber dauernd besiedeln kann der Mensch nur jenes Land, in dem er Nahrung findet. Die Trocken- und Wassergrenze, wie leicht sie vom einzelnen überschritten werden können, sind doch allenthalben Grenzen der Besiedlung. Letztere hat allein die Wintergrenze zu überwinden vermocht, und weite Gebiete der Erdoberfläche, die dem Naturmenschen verschlossen waren, besitzen heute eine sehr dichte Besiedlung. Aber polwärts existiert auch hier eine Siedlungsgrenze, die durch die Grenze des Getreidebaues im großen und ganzen bestimmt wird, und jenseits welcher es nur vorübergehend bewohnte Orte im Gegensatze zu den festen Siedlungen gibt. Nur die Nahrungsgebiete sind Siedlungsland, und von allen Grenzen ist die Getreidegrenze für die Menschheit am wichtigsten, wie der Landbau das wichtigste Moment für die Siedlung ist. Man kann eine Volksdichte von etwa 10 Bewohnern pro qkm als Grenze ansetzen, die das besiedelte Land von demjenigen trennt, das man nur als bewohnt bezeichnet. Eine weitere Ausdehnung des Siedlungslandes polwärts ist nicht zu erwarten, wohl aber äquatorwärts in die ungeheuren Gebiete hinein, die heute noch der Regenwald der Tropen einnimmt. Die Verdrängung der Naturlandschaft durch die Kulturlandschaft bietet noch Raum für Milliarden von Menschen. Es ist ein ermutigender Ausblick in die Zukunft, daß die Erde noch nicht übervölkert ist, sondern bei intensiver Kulturtätigkeit vielleicht noch zehnmal so viel Menschen ernähren kann als gegenwärtig. Die treibende Kraft aber, die zu immer neuen Erfindungen ansporn und eine immer stärkere Ausnutzung des Bodens veranlaßt, ist der Hunger.

In der Fachsitzung am 19. Januar 1920 wies der Vorsitzende Geheimrat *E. Kohlschütter* darauf hin, daß Deutschland aus verschiedenen internationalen wissenschaftlichen, wie z. B. den astronomischen, geodätischen, meteorologischen und seismischen Organisationen seitens unserer Feinde ausgeschlossen worden ist. Es erwächst daraus allen wissenschaftlichen Körperschaften die Pflicht, nach Kräften an der Weiterentwicklung der deutschen Wissenschaft mitzuarbeiten, damit deren Ausschaltung sich auf die Dauer als undurchführbar erweist. Es folgte ein Vortrag von *A. Dix* (Berlin) über **Die neue Landkarte Europas und die Gesetze der politischen Geographie.** Mit dem Ausdruck „Natürliche Grenzen" sind meist strategische gemeint, nämlich Meere, Gebirge, Flüsse, Sümpfe, Wüsten usw. Der Vortragende zeigt, daß diese nur ausnahmsweise natürliche Grenzen sind, da natürlich für ein seefahrendes Volk das Meer keine Grenze, sondern ein Lebenselement ist, und selbst unzugängliche Sümpfe nur bedingt als natürliche Grenzen betrachtet werden können, weil sie keine Ewigkeitserscheinungen sind. Je stärker entwickelt die Verkehrstechnik ist, um so schwieriger wird es, sogenannte natürliche Grenzen zu ziehen. Dazu kommt, daß die ethnographischen Grenzen, die Grenzen der Verkehrsgebiete und wirtschaftliche Einheiten anderer Art nicht an natürliche Grenzen gebunden sind.

Als Gesetze der politischen Geographie betrachtet der Vortragende das naturgemäße Streben nach Beherrschung zusammenhängender Verkehrs-, Wirtschafts- und Volksgebiete. Obenan steht das Streben nach einheitlicher Umfassung geschlossener Stromgebiete, das Streben ans Meer, nach mehrfachem Seezugang, nach Zusammenfassung sowohl in sich einheitlicher wie wechselseitig einander ergänzender Produktionsgebiete, sowie das Streben nach nationalem Zusammenschluß und einheitlicher Beherrschung geschlossener Sprachgebiete.

An der Hand einer politischen Karte Europas mit den neuen Grenzen bespricht der Vortragende deren Einzelheiten. Am augenfälligsten ist die Verletzung der Gesetze der politischen Geographie im Weichsellande, wo wirtschaftlich zusammenhängende Gebiete gewaltsam auseinander gezerrt worden sind. Ein abstruses politisches Gebilde ist die Tschecho-Slowakei, die nicht ihre ethnographischen Grenzen innehält, ein abgeschlossener Binnenstaat ist und keine natürliche west-östliche Längsachse des Verkehrs besitzt. Ähnlich ungünstig liegen die Verhältnisse für Deutsch-Österreich. Während Rumänien eine kompakte Gestalt sowie ungewöhnlich günstige Grenzen hat, sind dieselben bei Südslawien schlechter als es den Anschein hat. Trotz seiner langen Küste am Adriatischen Meer leidet es unter einem Hafenmangel, denn nur Fiume kommt als brauchbarer Hafen in Betracht. Auf der Balkanhalbinsel wird die Schwierigkeit einer Grenzfestsetzung durch die unklaren ethnographischen Ver-

hältnisse und die Mängel einer zuverlässigen Statistik außerordentlich erschwert. So ist z. B. die von österreichischer Seite während des Krieges aufgenommene Bevölkerungsstatistik der Albanier stark tendenziös gefärbt.

Die Internationalisierung der großen Ströme bedeutet einen Sieg der englischen Auffassung der Oberhoheit über die Binnenschiffahrtswege, welche eine Ausdehnung der britischen Seeinteressen stromaufwärts bis zu jener Stelle in Anspruch nimmt, an der die Schiffbarkeit eines Flusses beginnt. Ganz besonders verwickelt liegen die Verhältnisse bei der Donau, zu betrachten, die wirtschaftsgeographisch zusammenhängende Gebiete umfassen. Der Widerstreit strategischer und organischer Grenzen mit den Nationalitätengrenzen ist die Formel, auf die sich alle Schwierigkeiten der politischen Abgrenzung zurückführen lassen. Man hat eine Irredenta von 10 Millionen Deutschen geschaffen und Staaten abgegrenzt, die sich unmöglich zu Wirtschaftseinheiten ausbauen können. Unter allen diesen, sich jetzt vielfach feindlich gegenüberstehenden Staaten wird in Zukunft notgedrungen ein Streben nach Einigung hervortreten, wobei Deutschland schon infolge seiner geographischen

in deren politische Herrschaft sich sieben Anlieger teilen, über denen noch die Entente als oberste Instanz thront. Ein Hauptfehler der neuen politischen Einteilung aber besteht in dem Mangel an Rücksichtnahme auf die Stammeszugehörigkeit, der die Züchtung von Irredentisten aller Art zur Folge haben wird.

In der anschließenden Besprechung wies Professor *W. Vogel* darauf hin, wie lehrreich das neue Kartenbild für spätere Zeiten als Gipfel des politischen Wahnsinns sein werde. Vom englischen Standpunkt allerdings sei es ein Meisterstück gewesen, aus Mitteleuropa einen Trümmerhaufen zu schaffen, der nun nach Belieben dahin oder dorthin geschaufelt werden könne. Auf die Dauer aber sei ein solcher Zustand natürlich nicht haltbar. Als natürliche Grenzen oder organische Grenzen im Sinne *R. Siegers* sind Grenzen Lage eine Hauptrolle wird zufallen müssen. Auf verkehrs- und wirtschaftsgeographischem Gebiet muß eine größere Einheit gefunden werden. Die strategischen Grenzen haben ihre frühere Bedeutung verloren, weil die moderne Kriegstechnik sich mit Leichtigkeit über sie hinwegsetzt, und weil für absehbare Zeiten allen Völkern die wirtschaftlichen Mittel zu so ungeheuren Rüstungen fehlen, wie sie ein neuer Krieg erfordern würde.

Dr. *W. Behrmann* führte aus, daß das neue Rumänien sich trotz seiner Vergrößerung und der scheinbar günstigen Grenzführung in einer schwierigeren Lage befinde als früher. Denn das alte Rumänien bildete ein einheitliches Wirtschaftsgebiet und war durch ein unbewohntes Waldgebirge von Siebenbürgen getrennt, das eine ganz andere Kultur besaß. Durch

die Angliederung von Siebenbürgen, großen Teilen des übrigen Ungarn und der Dobrudscha sind zahlreiche Deutsche zu rumänischen Staatsangehörigen geworden. Sie haben sich jetzt zusammengeschlossen und bilden einen einflußreichen politischen Faktor. Der Anfall Bessarabiens wiederum hat eine gewaltige Stärkung des Judentums gebracht. Die Ausfuhr von Getreide, das früher hauptsächlich nach Belgien, England und Deutschland ging, sowie von Petroleum, für das Deutschland der Hauptabnehmer war, ist durch die neuen Verhältnisse, insbesondere auch durch die vielen Zollgrenzen des Donau-Schiffahrtsweges, sehr erschwert worden.

Dr. *Christiansen* betonte, daß es keine zuverlässigen Kriterien für natürliche Grenzen gibt. Man kann überhaupt die Staatengrenzen nicht als geographische Probleme auffassen. Die Ideen, aus denen der Friedensvertrag geboren ist, sind für den Osten einmal die Interessen Englands, das Deutschland vom Meere her umklammern möchte, dann aber auch der Wunsch Frankreichs, Deutschland von Rußland abzudrängen.

Geheimrat *A. Penck* schloß sich der Auffassung an, daß die Staaten keine geographischen Gebilde seien, sondern daß in der Staatenbildung ein Wille zum Ausdruck kommt. Hier ist es aber nicht der Wille der Bevölkerung, sondern derjenige der Feinde gewesen. Er führte an einzelnen Beispielen aus, daß die neuen Staatenschöpfungen an dem Übelstand krankten, daß ihnen der starke nationale Charakter fehlt, und daß sie durch die Eingliederung fremder Volksteile einen sehr problematischen Gewinn erzielt hätten. Südslawien z. B. umfaßt orthodoxe Serben, Kroaten, mohammedanische Serbo-Kroaten und Slovenen. Die natürliche Entwickelung der Völker muß notwendig diese Mosaik zerstören und zu einem wirtschaftlichen Zusammenschluß führen. Den einzigen Lichtblick in der großen Tragödie bildet der starke deutsche Einfluß, der in den verschiedenen Staaten enthalten ist.

O. B.

Astronomische Mitteilungen.

Eine neue Theorie der δ Cephei-Veränderlichen stellt *Bottlinger* in A. N. 5019 auf. Er betrachtet die δ Cephei-Sterne als einfache Sterne, deren Figuren Jacobische Ellipsoide sind, die sich an der Stabilitätsgrenze befinden. An den Polen der größten Achse genügt ein geringer Impuls, um dort Teilchen von der Oberfläche des Sternes zu entfernen, an den anderen Polen muß der Impuls viel größer sein. Schnell bewegte Moleküle werden sich deshalb von den beiden Polen der größten Achse loslösen und in ellipsenähnlichen Bahnen im allgemeinen rückwärts (relativ zur rotierenden Oberfläche) nach etwa einem halben Umlauf die Oberfläche des Sternes wieder treffen. Der Raum, den diese Moleküle erfüllen, wird sich demnach von den Längspolen bis etwa zu den Querpolen erstrecken. Sein Böschungswinkel wird auf der Vorderseite flach, auf der Rückseite steil sein. Der von dem Raume frei bleibende Teil der Sternoberfläche wird wegen der geringeren Absorption heller leuchten als der von dem Raum bedeckte Teil. Es entsteht so wegen der Rotation des Sternes ein Lichtwechsel mit eventuell sehr steilem Anstieg zum Maximum und flachem Abfall zum Minimum, wie er in Wirklichkeit beobachtet wird. Eine Eigentümlichkeit der neuen Theorie, die ihr wohl Schwierigkeiten bereiten wird, ist die Folgerung, daß die Rotationsperiode gleich dem Doppelten der Lichtwechselperiode sein muß, daß also die geraden Maxima und Minima der Helligkeit nicht identisch mit den ungeraden sind. Da bisher bei keinem δ Cephei-Stern ein Alternieren der Maxima und Minima aufgefallen ist, so müßte man annehmen, daß die Vorgänge an den beiden Längspolen innerhalb der Beobachtungsgenauigkeit gleiche photometrische Wirkung haben. Diese Schwierigkeit würde aber verschwinden, wenn man statt Jacobischer Ellipsoide Birnfiguren annähme. Diese Möglichkeit hat *Bottlinger* auch ins Auge gefaßt.

Das legt den reizvollen Gedanken nahe, daß die δ Cephei- und verwandten Sterne Doppelsternsysteme in statu nascendi sein könnten. Vorstehende Betrachtung ist nicht die einzige, die zu dieser Vermutung führt. Gewisse Arten von Veränderlichen, die dem δ Cephei-Typus nahe zu stehen scheinen, zeigen Eigentümlichkeiten, die ebenfalls auf einen nicht stabilen Zustand hindeuten.

Bahnbestimmungen von spektroskopischen Doppelsternen. Allmählich gelangt der durch den Krieg unterbrochene Austausch der Veröffentlichungen der Sternwarten der einander feindlichen Länder wieder in Fluß. So liegt jetzt u. a. der größte Teil der in den letzten Jahren erschienenen Veröffentlichungen der Sternwarte in Ottawa vor. Sie enthalten vorwiegend spektrographische Untersuchungen über solche spektroskopischen Doppelsterne, für die eine Bahnbestimmung bisher nicht vorlag. Im folgenden ist das Ergebnis, soweit es von physikalischem Interesse ist, zusammengestellt. Eine ausführlichere Zusammenstellung wird alljährlich von *Ludendorff* in der Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft besorgt, auf die verwiesen sei. In der Zusammenstellung bedeutet P die Umlaufszeit in Tagen, e die Exzentrizität der Bahn, ω den Abstand des Periastrons vom aufsteigenden Knoten, K die einfache Amplitude der Radialgeschwindigkeitsschwankung in Kilometern, $f(m_1, m_2)$ die Massenfunktion $\frac{m_2 \sin^3 i}{(m_1 + m_2)^2}$ in Einheiten der Sonnenmasse, worin mit m_1, m_2 die Massen der beiden Komponenten, mit i die Neigung der Bahnebene gegen die Sphäre bezeichnet sind. Wenn beide Komponenten im Spektrum sichtbar und meßbar sind, so ist ferner $m_1 \sin^3 i$ und $m_2 \sin^3 i$ gegeben. Letzteres sind die Minimalmassen der Komponenten, die gleich den wirklichen sein würden, wenn zufällig $i = 90°$ wäre. Der Mittelwert von $\sin^3 i$ aus unendlich vielen Fällen bei gleichmäßiger Verteilung aller Werte von i ist 0,59; da aber sehr kleine i aus technischen Gründen nur schwach vertreten sein werden, so wird obiger Mittelwert zu klein sein.

Bemerkungen (vgl. letzte Spalte der Zusammenstellung): 1. Die Emissionslinien nehmen an den periodischen Verschiebungen ebenso teil wie die Absorptionslinien. 2. Die Calciumlinien H und K zeigen keine Schwankungen. Die Schwerpunktsgeschwindigkeit aus H und K ist — 24,0 km, aus den übrigen Linien — 26,7 km. 3. Bahnbestimmung aus H und K allein. Die anderen Linien, sehr breit und verwaschen, zeigen größere Schwankungen und eine weit höhere (positive) Schwerpunktsgeschwindigkeit als die Calciumlinien. 4. Die Amplitude der Calciumlinien H und K ist nur 10,4 km; die Schwerpunktsgeschwindigkeit ergibt sich aus H und K zu + 1,5 km, aus den Wasserstoff- und Heliumlinien zu — 0,15 km. 5. Zweite Komponente vermutet, jedoch nicht meßbar. 6. Beide Komponenten im Spektrum sichtbar, die schwächere jedoch nicht meß-

Stern	Spektrum	P Tage	e	ω °	K km	$f(m_1, m_2)$	$m_1 \sin^3 i$	$m_2 \sin^3 i$	Bemerkungen
29 Canis mj.	Oe	4,3934	0,156	37,6	218,4	4,58 ☉	—	—	1
Boss 6142	Oep	13,435	0,105	339,6	115,5	2,11	18,5 ☉	12,7 ☉	2
ξ Persei	Oe_5	6,951	0,034	99,3	7,9	0,00035	—	—	3
χ Aurigae	B_1	655,16	0,171	135,5	20,5	0,56	—	—	4
125 Tauri	B_3	27,864	0,55	335	25,5	0,028	—	—	—
Boss 3138	B_3	1,50307	0,078	185,1	118,2	0,25	—	—	5
π Arietis	B_5	3,854	0,042	78,3	24,8	0,0061	—	—	—
19 Lyncis	B_8	2,25960	0,076	126,1	104,4	0,26	—	—	6
ω Cassiopeiae	B_9	69,92	0,30	50,0	29,6	0,164	—	—	—
136 Tauri	A	5,969	0,022	191,4	48,9	0,072	0,63	0,44	—
50 Draconis	A	4,120	0,024	151,0	75,8	0,186	0,90	0,82	7
Boss 5996	A	3,2195	0,036	40,6	73,6	0,133	—	—	—
40 Aurigae	A	28,28	0,556	178,4	51,4	0,229	1,35	1,11	—
Boss 1275	A	27,43	0,247	29,8	116,9	4,14	16,3	16,5	8
Boss 5173	A	9,316	0,012	103,2	78,5	0,47	2,27	2,06	9
b Persei	A_2	1,52732	0,22	151,8	41,9	0,011	0,85	0,23	10
Boss 2484	A_2	15,986	0,504	355,2	63,3	0,272	1,48	1,27	10
88 d Tauri	A_2+	3,5712	0,055	0	71,1	0,133	2,76	1,30	11
2 Sagittae	A_3	7,390	0,05	332,6	53,0	0,11	0,91	0,65	12
Θ^2 Tauri	A_5	140,70	0,717	54,2	27,1	0,099	—	—	13
π Cassiopeiae	A_5	1,96408	0,010	45,1	117,3	0,329	1,35	1,34	14
Boss 3511	F	1,61100	0,054	199,0	10,1	0,0002	—	—	—
β Coronae bor.	Fp	40,9	0,4	240	3,1	0,000097	—	—	—
d Bootis	F_5	9,6045	0,169	273	68,4	0,306	1,36	1,29	15
h Draconis	F_5	51,710	0,128	329,3	18,0	0,03	—	—	—
Θ^2 Cygni	G_5	1170	0,182	281,0	16,6	0,53	—	—	16
Boss 1082	G_5	121	0,019	285	28,2	0,28	—	—	—
σ Geminorum	K	19,605	0,022	330,2	34,2	0,082	—	—	—
ζ Andromedae	K	17,7673	0,037	182,2	25,7	0,031	—	—	—

bar. 7. Spektraltypus und Helligkeit der beiden Komponenten nahe gleich. 8. Die beiden Komponenten nahe gleich hell. Exzentrizität der Bahn und Schwerpunktsgeschwindigkeit ergeben sich aus den beiden Komponenten getrennt sehr verschieden (infolge systematischer Fehlerquellen?), nämlich erstere zu 0,334 und 0,173, letztere zu — 27,0 km und — 2,0 km; die Periastronlänge dagegen ergibt sich aus beiden, wie erforderlich, nahe um 180 ° verschieden. Die Schwerpunktsgeschwindigkeit ergibt sich aus den beiden Komponenten getrennt um 10—15 km verschieden, während die übrigen Elemente nahe übereinstimmen. 10. Helligkeit der beiden Komponenten anscheinend nicht unerheblich verschieden. 11. Spektra der beiden Komponenten ganz gleich. 12. Erheblicher Helligkeitsunterschied der beiden Komponenten. 13. In der Geschwindigkeitskurve nach dem Periastrondurchgang eine sekundäre Welle mit der Periode ½ P (ungefähr) und der einfachen Amplitude 3,6 km. Die Welle geht nicht durch die ganze Hauptperiode. Anzeichen der zweiten Komponente nicht gefunden. 14. Die beiden Komponenten nahe gleich hell. 15. Spektrum und Helligkeit der beiden Komponenten nahe gleich. 16. Sekundäre Welle in der Geschwindigkeitskurve mit der Periode ⅓ P und der einfachen Amplitude 5,9 km.

Von den Sternen mit veränderlicher Radialgeschwindigkeit ϱ Leonis (3,8 m Bp), γ Aquarii (4,0 m A und σ Leonis (4,1 m A) konnte trotz zahlreicher Aufnahmen die Periode nicht ermittelt werden. Bei ϱ Leonis beträgt die Schwankung der Radialgeschwindigkeit vielleicht 15 km, die mittlere Geschwindigkeit aus den Wasserstoff- und Heliumlinien + 43,2 km, aus der Calciumlinie K + 10,0 km. Die Schwankungen der letzteren sind von derselben Größenordnung wie die der übrigen Linien. Auf einer Aufnahme sind zwei Linien komplex. Bei γ Aquarii geben in einigen Fällen unmittelbar aufeinander folgende Aufnahmen bei guter Beschaffenheit der Linien stark voneinander abweichende Radialgeschwindigkeiten; die Periode ist daher vielleicht sehr kurz. Beobachtete Schwankung fast 50 km. Auch bei σ Leonis ist die Periode vielleicht sehr kurz. Beobachtete Schwankung 23 km.

Von zahlreichen anderen, gelegentlich aufgenommenen Sternen mit veränderlicher Radialgeschwindigkeit seien hervorgehoben: Boss 154 (5,5 m A) und 24 Canum venaticorum (4,6 m A_3), in deren Spektrum beide Komponenten sichtbar sind, und 12 H Draconis (5,1 m A_2), dessen Periode wahrscheinlich 24,39 Tage beträgt.

Weitere Bahnbestimmungen, die voraussichtlich in den noch nicht eingegangenen Nummern der bisher erschienenen vier Bände der Ottawaer Veröffentlichungen enthalten sein werden, sollen in einer späteren Mitteilung folgen. Bis dahin mögen allgemeinere, an dieses wertvolle Beobachtungsmaterial zu knüpfende Betrachtungen verschoben werden.

P. Guthnick.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 12. (Seite 213—236) **19. März 1920.** **Achter Jahrgang.**

U. S. Department of ...

INHALT:

Das Atom. Von *Max Born*, *Frankfurt a. M.* (Mit 23 Abbildungen.) S. 213.

Die organische Ernährung bei höheren grünen Pflanzen. Von *Friedrich Czapek*, *Prag.* S. 226.

Besprechungen:

Fischer, Emil, Untersuchungen über Depside und Gerbstoffe. Von *Karl Freudenberg*, *Kiel.* S. 231.

Harries, Carl Dietrich, Untersuchungen über die natürlichen und künstlichen Kautschukarten. Von *R. Stoermer*, *Rostock.* S. 232.

Weinland, R., Einführung in die Chemie der Komplexverbindungen. Von *A. Rosenheim*, *Berlin.* S. 233.

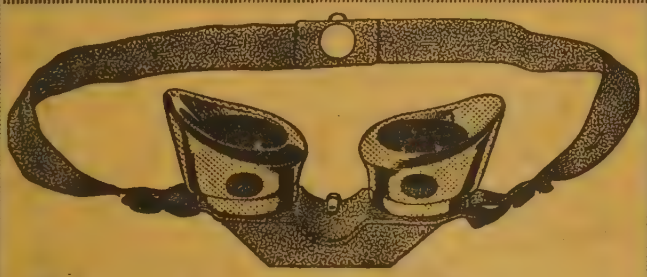
Zuschriften an die Herausgeber:

Zu dem Aufsatze „Die Physik als geometrische Notwendigkeit" von Arthur Haas. Von *Erwin Freundlich*, *Berlin-Neubabelsberg.* S. 234.

Berichte gelehrter Gesellschaften:

Schlesische Gesellschaft für vaterländische Kultur. S. 235.

ZEISS



LUPEN

für

Binokulare-Lupen

Räumliches Sehen
für botanische – zoologische –
mineralogische – chemische
Beobachtungen

Naturwissenschaftler und Naturfreunde

BERLIN HAMBURG CARL ZEISS JENA WIEN BUENOS AIRES

Druckschriften „Medlu 29" kostenlos

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 12.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.20.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

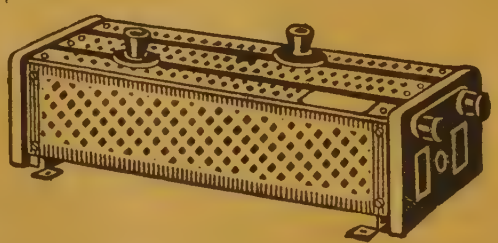
Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztewelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.
Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a. Rh.

Siemens & Halske A.-G.
Wernerwerk · Siemensstadt bei Berlin



Schiebewiderstände

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 19. März 1920. Heft 12.

Das Atom[1]).

Von Max Born, Frankfurt a. M.

Einleitung.

Die moderne Atomistik hat ihren Ursprung in der Chemie. Die Physik hat sich nur langsam und zögernd den atomistischen Vorstellungen zugewandt, und während die Handhabung der Atome und Molekeln des Chemikers tägliche Übung wurde, gab es noch vor wenigen Jahrzehnten Physiker, die die Atomtheorie als eine oft heuristisch nützliche, im Grunde aber vermeidbare Hypothese ansahen. Heute hat sich das sehr geändert; der Physiker darf, gestützt auf die Forschungen der letzten Jahre, sich erkühnen, dem Chemiker Auskunft zu geben über das Wesen des Atoms und seiner Wirkungen. Denn die physikalischen Methoden dringen tiefer in das Innere der Atome ein als die chemischen. Den Spekulationen der Chemiker über den Aufbau der Atome und die zwischen ihnen wirkenden Kräfte, besonders die Valenzkräfte, haftet ziemlich viel Willkür an, da sie sich in der Hauptsache auf die *eine* Betätigungsart der Atomkräfte, die chemische Bindung, stützen. Demgegenüber darf man behaupten, daß das Bild, das sich die heutige Physik vom Atom macht, in vielen wesentlichen Zügen willkürfrei ist und ziemlich fest steht; man darf mit Sicherheit hoffen, daß die zukünftige Forschung dieses Bild ausgestalten und vertiefen, aber die heute erkannten deutlichen Umrisse unangetastet lassen wird.

Wie sieht nun aber dieses Bild aus? Zu einer Schilderung, wie es allmählich entstanden ist, gleich einem Mosaik aus unzähligen Stückchen zusammengesetzt, dazu reicht der zur Verfügung stehende Raum nicht aus; es empfiehlt sich daher, den umgekehrten Weg zu beschreiten: Wir werden berichten, wie die Physik sich heute die Atome vorstellt, und dann daraus eine große Reihe ihrer Eigenschaften ableiten, die durch Erfahrung bekannt sind.

Man könnte dieses Verfahren eine begriffliche *Synthese der Welt* nennen. Denn alles Materielle besteht aus Atomen, und der Physiker darf, frei nach *Archimedes*, sagen: Gebt mir das Atom, und ich baue Euch die Welt daraus.

1. Elektronen und Kerne.

Für die Chemie ist das Atom noch immer das Kleinste, Unteilbare, wie sein Name ausdrückt. Für die Physik kann es das nicht mehr sein; sonst hätte ja die Frage nach der Konstitution des Atoms gar keinen Sinn. Auch lehrt ein Blick in das Spektroskop, worin etwa die ungezählten Linien des Eisenspektrums erscheinen, daß recht verwickelte Schwingungsvorgänge im Eisenatom vor sich gehen müssen, gegen die die modernste Musik eines *Reger* oder *Mahler* ein Kinderspiel ist.

Wenn nun aber das Atom selbst ein Gebäude ist, welches sind seine Bausteine?

Wir schildern zunächst, was die Physik darauf antwortet und geben nachträglich die Beweise für die Behauptungen soweit, als es der beschränkte Raum gestattet.

Es gibt zwei Arten von Bausteinen, die sich durch ihre elektrischen Ladungen unterscheiden. Die *negativ geladenen Teilchen* sind sämtlich gleich groß und gleich stark geladen; sie heißen *Elektronen*. Ihre Masse ist äußerst klein (etwa $^1/_{1000}$) gegen die des H-Atoms. *Die positiv geladenen Teilchen* auf ein einziges Urteilchen zurückzuführen, ist bisher noch nicht gelungen; wir werden später davon sprechen, wie diese Frage heute steht, vorläufig aber annehmen, daß es ebenso viele Arten solcher positiven Teilchen gibt wie chemische Elemente. Sie enthalten den Hauptanteil der trägen und schweren Masse der Atome und werden daher *Atomkerne*, kurz *Kerne* (englisch *nucleus*) genannt.

2. Aufbau des Atoms.

Ein Atom oder Ion besteht aus einem Kern und einer Anzahl z von Elektronen. Ist das Atom *neutral*, so muß die Kernladung gerade so groß sein, wie die aller Elektronen zusammen; und da diese alle einander gleich sind und alle dieselbe Ladung e haben, so muß die Kernladung ein ganzes Vielfaches von e, ze sein. Diese Zahl z heißt die *Kernladungszahl* oder auch die *Atomnummer* oder *Ordnungszahl*. Man kann nämlich alle Kerne in eine Reihe nach wachsenden z anordnen, und zwar erhält man dann genau dieselbe Reihenfolge wie die bekannte des periodischen Systems der Elemente (Fig. 1). H hat $z = 1$, He $z = 2$ usw. Wesentlich ist dabei, daß nicht das Atomgewicht maßgebend ist, sondern die Kernladung. Bekanntlich gibt es mehrere Fälle, wo die auf den chemischen Eigenschaften beruhende Reihenfolge des periodischen Systems nicht mit dem Anwachsen des Atomgewichtes parallel geht; so steht das leichtere Kalium (K) hinter dem Argon (A), ebenso das leichtere Nickel (Ni) hinter dem

[1]) Nach einem Vortrage beim 50jährigen Stiftungsfeste der Frankfurter chemischen Gesellschaft, am 1. November 1919.

Kobalt (Co). Wir werden nachher sehen, daß die Reihenfolge des periodischen Systems tief in der Natur des Atoms begründet ist.

Im neutralen Atom ist jeder Kern von soviel Elektronen umgeben, wie seine Nummer z angibt, also der H-Kern von 1 Elektron, der He-Kern von 2 Elektronen usw. Fehlt ein Elektron, so überwiegt die positive Kernladung und man hat ein einwertiges *positives Ion*. Ist ein Elektron mehr da, als die Zahl z beträgt, so hat

Schon *Helmholtz* hat zur Erklärung der bekannten Erscheinungen der Elektrolyse die Hypothese aufgestellt, daß nicht nur die Materie, sondern auch die Elektrizität atomistisch konstituiert sei. Dadurch erklärt sich ja auch ohne weiteres das bekannte Faradaysche Gesetz, daß chemisch äquivalente Mengen bei der Elektrolyse immer dieselbe Elektrizitätsmenge transportieren. Die Entdeckung der Kathodenstrahlen und später der Strahlen radioaktiver Substanzen ermöglichte

	0	I a	I b	II a	II b	III a	III b	IV a	IV b	V a	V b	VI a	VI b	VII a	VII b	VIII
1	2 He 3,99	3 Li 6,94		4 Be 9,1		5 B 11,0		6 C 12,00		7 N 14,01		8 O 16,00		9 F 19,0		
—	10 Ne 20,2	11 Na 23,00		12 Mg 24,32		13 Al 27,1		14 Si 28,3		15 P 31,04		16 S 32,07		17 Cl 35,46		
—	18 A 39,88	19 K 39,10		20 Ca 40,07		21 Sc 44,1		22 Ti 48,1		23 V 51,0		24 Cr 52,0		25 Mn 54,93		26 Fe 27 Co 28 Ni 55,84 58,97 58,68
—			29 Cu 63,57		30 Zn 65,37		31 Ga 69,6		32 Ge 72,5		33 As 74,96		34 Se 79,2		35 Br 79,92	
—	36 Kr 82,92	37 Rb 85,45		38 Sr 87,63		39 Y 88,7		40 Zr 90,6		41 Nb 93,5		42 Mo 96,0		43 — —		44 Ru 45 Rh 46 Pd 101,7 102,9 106,7
—			47 Ag 107,88		48 Cd 112,40		49 In 114,8		50 Sn 118,7		51 Sb 120,2		52 Te 127,5		53 J 126,92	
—	54 X 130,2	55 Cs 132,81		56 Ba 137,37		57 La 139,0		58 Ce 140,25	59 Pr 140,6	60 Nd 144,3	61 — —	62 Sm 150,4	63 Eu 152,0	64 Gd 157,3		
								65 Th 159,2	66 Dy 162,5	67 Ho 163,5	68 Er 167,7	69 Tu 168,5	70 Ad 173,8	71 Lu 175,0	72 — —	
—										73 Ta 181,5		74 W 184,0		75 — —		76 Os 77 Ir 78 Pt 190,9 193,1 195,2
—			79 Au 197,2		80 Hg 200,6		81 Tl 204,0		82 Pb 207,10		83 Bi 208,0		84 Po (210,0)	85 — —		
—	86 Em (223,0)	87 — —		88 Ra 226,4		89 Ac (227)		90 Th 232,4		91 Bv 123,4		92 U 238,5				

Fig. 1. Das periodische System der Elemente mit Atomnummern und Atomgewichten.

man ein *einwertiges negatives Ion*. In derselben Weise können zwei- und mehrwertige positive und negative Ionen entstehen. So ist z. B. das H^+-Ion nichts als der nackte H-Kern, das He^{++}-Ion der nackte He-Kern, den wir sogleich in den α-Strahlen wiederfinden werden.

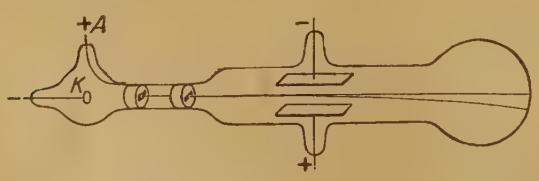


Fig. 2. Kathodenstrahlen im elektrischen Felde.

3. *Die Atomistik der Elektrizität.*

Ehe wir nun den Entwurf des Systems der Atome in allen Einzelheiten ausgestalten, wird es an der Zeit sein, die Behauptungen zu begründen.

den Beweis der Helmholtzschen Hypothese. Wenn man z. B. ein Kathodenstrahlbündel in ein elektrisches Feld bringt, so wird es gerade so abgelenkt, als bestände es aus einzelnen negativ geladenen, trägen Teilchen. Die Fig. 2 zeigt ein evakuiertes Glasrohr mit der Anode A und der Kathode K; von dieser gehen die Kathodenstrahlen aus und passieren den Zwischenraum zwischen zwei geladenen Kondensatorplatten, durch die sie abgelenkt werden. Durch Kombination der elektrischen mit einer magnetischen Ablenkung kann man die Geschwindigkeit und das Verhältnis von Ladung und Masse e/m bestimmen[1]. Dieses fand sich vielmals größer als bei der Elektrolyse, nämlich

$$\frac{e}{m} = 5{,}6 \cdot 10^{17} \text{ E. S. E. pro g};$$

macht man nun die naheliegende Annahme, daß die Ladung in beiden Fällen denselben Wert hat, so folgt, daß die Masse der Kathodenstrahlteilchen

viel kleiner sein muß als die der Atome, etwa 1900-mal kleiner als die des H-Atoms. Diese leichten, negativen Teilchen sind die Elektronen.

4. Die positive Elektrizität.

Man hat auch positive Strahlen gefunden und für sie das Verhältnis e/m bestimmt; z. B. die sogen. Kanalstrahlen von *Goldstein*(2), die aus Löchern in der Kathode in der entgegengesetzten Richtung austreten wie die Kathodenstrahlen, und die α-Strahlen der radioaktiven Substanzen. Hierbei ergab sich aber e/m von derselben Größenordnung wie bei der Elektrolyse. Überhaupt ist es niemals gelungen, die positive Elektrizität von der Materie zu isolieren. Man schließt daraus, daß die trägen, schweren Teile der Atome die positiven Elementarteilchen sind. Besonders wichtig ist der Befund, daß die α-Teilchen der radioaktiven Substanzen doppelt geladene He-Atome, also nackte He-Kerne sind(3). *J. J. Thomson* hat in Vakuumröhren Kanalstrahlen von allen möglichen Substanzen herstellen und ihr e/m messen können.

5. Die Ladung des Elektrons.

Die Elektronen werden nun zur Erklärung zahlreicher elektrischer und optischer Erscheinungen herangezogen. So wurde gezeigt, daß die Farbenzerstreuung des Lichtes auf dem Mitschwingen elastisch gebundener Elektronen in den Atomen beruht, und es konnte aus rein optischen Messungen des Brechungsindex das Verhältnis e/m in guter Übereinstimmung mit dem Kathodenstrahlwert berechnet werden(5). Dasselbe gelang mit Hilfe der Erscheinung, daß die Emissionslinien leuchtender Gase in magnetischen Feldern verschoben und aufgespalten werden (*Zeeman*-Effekt)(6).

Englische Physiker studierten die Leitfähigkeit der Gase und erklärten sie durch Ionisierung der Gasatome; diese Untersuchungen führten schließlich zur Auffindung einer Methode, um das elektrische Elementarquantum e in absoluten Einheiten zu messen(7). Kleine Tröpfchen aus Wasser oder Öl, oder Kügelchen aus Metall von mikroskopischen oder submikroskopischen Dimensionen nehmen in ionisierten Gasen Ladungen an und wandern daher in elektrischen Feldern; sie stellen also ungeheuer empfindliche Elektroskope dar. Auf diese Weise fand *Millikan* (in Chicago), daß alle vorkommenden Ladungen der Tröpfchen ganzzahlige Vielfache des Quantums

$$e = 4{,}774 \cdot 10^{-10} \text{ E. S. E.}$$

sind; dieses gilt heute als die Elektronenladung. Es darf aber nicht verschwiegen werden, daß *Ehrenhaft* (in Wien), der mit wesentlich kleineren Tröpfchen hantiert, viel kleinere Ladungen gefunden haben will und die Existenz eines Elektrons in dieser Größenordnung leugnet. Dieses ist der einzige tiefe Schatten in der hellen Landschaft der Elektronentheorie; doch stehen der einen Unstimmigkeit so viele Übereinstimmungen gegenüber, daß man hoffen darf, *Ehrenhafts* Versuche werden sich schließlich in das schöne, übersichtliche Bild einfügen lassen.

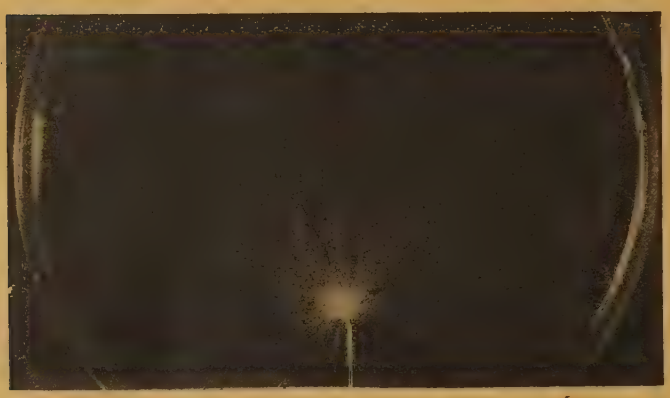
6. Die Größe der Elektronen und Kerne.

Wie groß muß man sich nun das Elektron vorstellen? Die Antwort darauf gibt ein allgemeiner Satz der Elektrodynamik, der eng mit der modernen Relativitätstheorie verknüpft ist. Unter der Masse eines Körpers versteht die Physik nicht irgend ein Maß für die Quantität der Materie, sondern dasjenige, welches durch den Trägheitswiderstand gegen Geschwindigkeitsänderungen (Beschleunigungen) geliefert wird. Die Massen zweier Körper verhalten sich wie die Geschwindigkeitsänderungen, die ein und dieselbe Kraft ihnen erteilt. Aus dieser Definition und dem Schwerpunktsatze der Mechanik folgt nun, daß die Masse nicht exakt konstant ist, sondern von dem Energieinhalte des Körpers abhängt. Diese höchst wichtige Tatsache hat *Einstein* etwa so begründet:

Man denke sich ein langes Rohr; an dem einen Ende sei ein Körper A, am andern ein Körper B von genau gleichem Material und genau gleicher Größe, also mit gleicher gewöhnlicher Masse. A enthalte eine gewisse Energiemenge mehr als B und eine Einrichtung, daß

Fig. 3.

diese als Lichtblitz in der Richtung nach B ausgestrahlt werden kann. Wenn das geschieht, erfährt A durch den Lichtdruck, dessen Existenz experimentell und theoretisch gesichert ist, einen Rückstoß; das ganze Rohr wird sich also so lange nach links bewegen, bis das Licht in B angelangt und dort absorbiert ist. Bei dem Auftreffen des Lichtes in B wirkt der Lichtdruck in der umgekehrten Richtung und mit derselben Stärke, so daß das Rohr zur Ruhe kommt, in einer gegen die Anfangslage etwas verschobenen Stellung. Jetzt mögen die beiden Körper A und B ihre Plätze wechseln; haben sie beide die gleiche gewöhnliche Masse und wäre diese mechanisch allein maßgebend, so würde bei der Vertauschung von A und B ihr Schwerpunkt in Ruhe bleiben, also das ganze Rohr keine Verschiebung erleiden. Dann wäre nachher derselbe Zustand wie zu Anfang erreicht: da, wo vorher A war, ist jetzt B mit demselben Energieüberschuß, und an Stelle von B ist jetzt A in dem Zustande, den B vorher hatte. Daher kann man den Prozeß wiederholen und die Energie in Strahlungsform von B nach A schicken; dabei würde das Rohr wieder eine Verrückung von derselben Größe erfahren. Durch vielfache Wiederholung des Vorganges kann der Körper



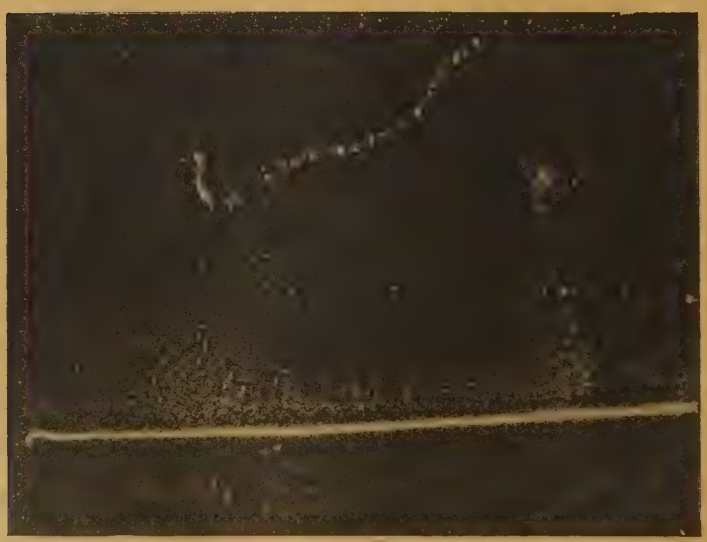


Fig. 4, 5 und 6. Bahnen von α-Strahlen.

also ohne Anwendung äußerer Kräfte aus der Ruhe in Bewegung gesetzt und beliebig weit transportiert werden. Das widerspricht den Grundsätzen der Mechanik. Man muß, um diesen Widerspruch zu lösen, annehmen, daß beim Austausch der beiden Körper A, B der mit dem Energieüberschuß versehene eine größere Masse hat, die so bestimmt ist, daß die durch den Lichtdruck erzeugte Verschiebung gerade bei dem Rücktransport wieder rückgängig gemacht wird. Diese Massenvergrößerung hängt natürlich von dem Energieüberschusse ab. Auch auf andere Weisen kann man zeigen, daß die Masse eines Körpers zunimmt, wenn sein Energieinhalt vermehrt wird. Der Gedanke liegt nicht fern, daß die ganze Masse eines Körpers von seiner Energie herrührt. Die genaue mathematische Analyse auf Grund des Relativitätsprinzips liefert den Satz, daß die Masse eines Körpers gleich seinem Energieinhalte dividiert durch das Quadrat der Lichtgeschwindigkeit ist [8]:

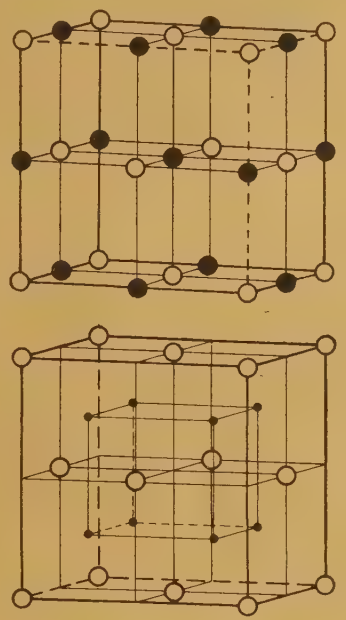


Fig. 7. Gitter des Steinsalzes (NaCl) und des Flußspats (CaF_2).

$$m = \frac{E}{c^2}.$$

Ist nun das Elektron nichts als abstrakte elektrische Ladung, so ist seine Energie bis auf einen Zahlenfaktor der Größenordnung 1 gleich $\frac{e^2}{r}$, wo r der Radius des Elektrons ist; also die Masse

$$m = \frac{e^2}{c^2 r},$$

und daraus folgt

$$r = \frac{e}{m} \cdot e \cdot \frac{1}{c^2}.$$

Mit den angegebenen Werten von e/m, e und $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec findet man

$$r = \frac{5{,}6 \cdot 10^{17} \cdot 4{,}8 \cdot 10^{-10}}{9 \cdot 10^{20}} = 3 \cdot 10^{-13} \text{ cm}.$$

Nach bekannten Schätzungen sind die Atomradien von der Größenordnung 10^{-8} cm, also ist das Elektron außerordentlich klein gegen das Atom. Will man aber die Masse der Atomkerne selbst rein elektrisch deuten, so muß man bedenken, daß sie fast 2000-mal größer ist als die des Elektrons; da nun unsere Formel zeigt, daß Masse und Radius umgekehrt proportional sind, so wird der Radius des Kernes etwa 2000-mal kleiner als der des Elektrons. Dieses merkwürdige Resultat, daß die positiv geladenen, trägen Massen in außerordentlich winzigen Räumen konzentriert sind, ist nun durch Erfahrungen sehr gut bestätigt worden, wie wir sogleich sehen werden.

7. *Thomsons Atommodell.*

Wir kommen nämlich nun zu den Kernen und dem Aufbau der Atome aus Kernen und Elektronen. Um die scharfen Spektrallinien zu erklären, glaubte man annehmen zu müssen, daß die Elektronen in den Atomen um Gleichgewichtslagen mit scharf bestimmten Schwingungszahlen oszillieren können. Aber elektrische Ladungen, die sich nicht durchdringen, bilden keine stabilen Konfigurationen. Daher konstruierte Lord *Kelvin* ein Atommodell, das später *J. J. Thomson* weitgehend ausarbeitete [9]: Die positive Elektrizität bildet eine Kugel, deren Radius von der Größenordnung 10^{-8} cm ist, und in dieser schwimmen die negativen Elektronen. Diese bilden dann nach den Gesetzen der Elektrostatik regelmäßige Anordnungen, deren Eigenschaften gewisse Ähnlichkeit mit denen der Atome haben. Aber in vieler Hinsicht versagt dieses Modell, besonders hinsichtlich der Erklärung der großen Zahl von Spektrallinien und ihrer wunderbaren Gesetze, von denen wir nachher zu reden haben werden. Theoretisch ist die Kelvinsche Kugel verdächtig wegen ihrer Größe, die eine elektrische Deutung der Masse ausschließt.

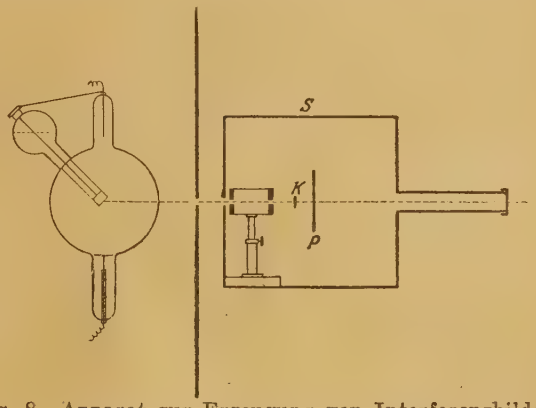


Fig. 8. Apparat zur Erzeugung von Interferenzbildern der Röntgenstrahlen nach *Laue*.

8. *Rutherfords Kerntheorie.*

Daß nun die Atommassen tatsächlich in selbst gegen das Elektron kleinen Räumen zusammengedrängt sind, haben zuerst *Rutherford* und seine Schüler [10] nachgewiesen, und zwar mit Hilfe der Zerstreuung der α-Strahlen. Wir sehen hier

einige Bilder der Bahnen von α-Teilchen, die nach einer Methode von *Wilson*(11) aufgenommen sind (Fig. 4, 5, 6); die Teilchen ionisieren nämlich auf ihrer Bahn die Luft, und wenn diese mit Wasserdampf übersättigt ist, so kondensiert sich dieser um jedes Ion als Tröpfchen und macht die Bahn des α-Strahls sichtbar. Man erkennt deutlich die begrenzte Reichweite der Strahlen und sieht, daß einige am Schlusse ihres Weges plötzlich scharfe

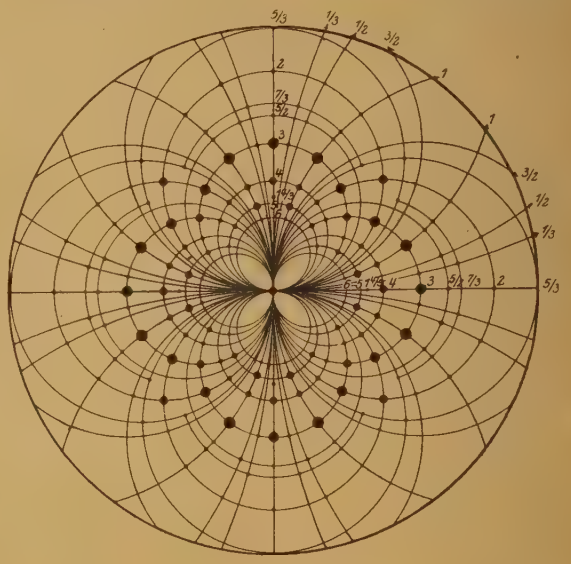
Fig. 9. Röntgenstrahlinterferenzen nach *Laue*.

Fig. 10. Röntgenstrahlinterferenzen nach *Laue*.

Ablenkungen erfahren. Durch genaues Studium dieser Reichweite und dieser Zerstreuungen, besonders in Metallfolien, konnte *Rutherford* feststellen, daß die mit schwerer Masse behafteten Teile der Materie ungeheuer klein sein müssen, damit einerseits die α-Strahlen überhaupt so weit eindringen, wie sie es tun, und andererseits so plötzliche Ablenkungen erfahren. Er konnte auch aus seinen Messungen die Größe der Kernladung bestimmen und fand sie, gemessen in Quanten e, etwa gleich dem halben Atomgewicht:

$$z = \frac{A}{2}.$$

Danach hätte also He die Nummer $z = {}^4/_2 = 2$, C die Nummer $z = {}^{12}/_2 = 6$, genau, wie auf Fig. 1 angegeben. Dieses Resultat wurde dann durch Untersuchungen über die Zerstreuung der Röntgenstrahlen gestützt(12). Man kann nämlich den



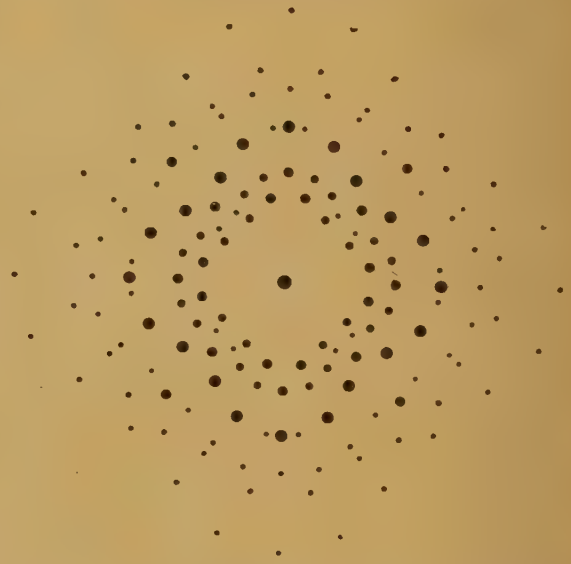


Fig. 11. *Laue*-Interferenzen und ihre theoretische Deutung.

Betrag an Energie berechnen, den ein von einer elektrischen Welle getroffenes Elektron dieser Welle entzieht, indem es selbst in Schwingungen gerät, und den es als zerstreute Strahlung in den Raum aussendet. Man darf nun annehmen, daß jedes der Elektronen des Atomes unabhängig von den anderen diesen Betrag zerstreut, und man findet umgekehrt durch Messung der zerstreuten Energie den Wert von z. Wiederum ergab sich

$$z = \frac{A}{2}.$$

9. Die Interferenz der Röntgenstrahlen.

Daß es sich aber bei der Zahl z um wirkliche Zählung der Elektronen handelt[13], hat erst die Erforschung der Röntgenspektren ergeben, die durch *M. v. Laues*[14] großartige Entdeckung der Untersuchung zugänglich wurden.

Diese Entdeckung beruht bekanntlich auf der Vorstellung, daß die Kristalle Atomgitter seien, und zwar von so kleiner Gitterkonstante, daß sie als Beugungsgitter für die kurzwelligen Röntgenstrahlen verwandt werden können. Die Fig. 7 zeigt einige solche Gitter, die den Kristallen Steinsalz NaCl und Flußspat CaF_2 zugehören.

Die Fig. 8 zeigt die Lauesche Apparatur zur Erzeugung von Interferenzbildern der Röntgenstrahlen. Der aus der Röntgenröhre austretende Strahl trifft ein Stück des Kristalls, hinter dem eine photographische Platte aufgestellt ist. Auf dieser erhält man dann außer dem Bilde des direkten Strahls zahlreiche Nebenbilder, die eine deutliche Gesetzmäßigkeit zeigen und die Symmetrieverhältnisse des Kristalls widerspiegeln (Fig. 9 und 10). Aus diesen Laue-Aufnahmen kann man dann durch Messung und Rechnung Schlüsse ziehen, einerseits auf die Struktur des Kristallgitters, andererseits auf die Zusammensetzung (die „Farben") des Röntgenlichtes. Die Fig. 11 zeigt neben der Aufnahme eine theoretische Figur, bei der die Entstehung und Bedeutung der Interferenzflecke durch eingezeichnete Kurven kenntlich gemacht ist. Wirkliche Röntgenspektroskopie haben zuerst die beiden *Bragg* [15], Vater und Sohn, ausgeführt. Sie benützen die Tatsache, daß Röntgenlicht an einer natürlichen Kristallfläche reflektiert wird, aber nicht unter allen Einfallswinkeln, sondern nur unter ganz bestimmten, deren Größe von der Wellenlänge abhängt. Daher drehen sie den Kristall (Fig. 12) hin und her, um alle möglichen Einfallswinkel der Reihe nach zu haben, und erhalten dann auf den photographischen Platten richtige „Spektren" der Röntgenstrahlen. Die *Bragg* haben zuerst sichere Angaben über die Gitterstruktur einfacher Kristalle gemacht und Wellenlängen von Röntgenstrahlen genau gemessen. Der junge Physiker *Moseley* [16], der leider im Kriege gefallen ist, hat mit Braggschen Methoden zuerst systematisch das Röntgenspektrum zahlreicher Elemente durchforscht. Von *Debye*[17] rührt eine Modifikation des Braggschen Verfahrens her; anstatt einen großen Kristall zu drehen, benützt er ein Pulver aus feinsten Kriställchen, dessen verschiedene Körner von selber alle möglichen Lagen gegen den Röntgenstrahl haben. Fig. 13 ist eine Originalaufnahme von einem Metallspektrum.

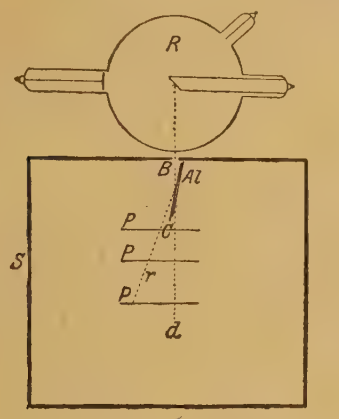


Fig. 12.
Röntgenspektrograph nach *Bragg*.
R Röntgenrohr, *B* Blende, *C* Kristallplatte, *Al* Kristallträger, *P P P* photographische Platte, *S* Schutzkasten, *d* durchgehender Strahl, *r* reflektierter Strahl.

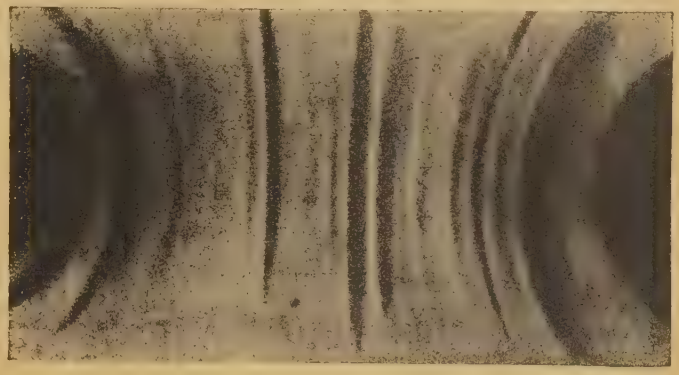


Fig. 13. Röntgenspektrum nach *Debye*.

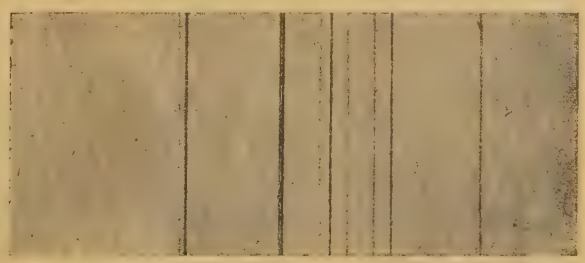


Fig. 14. Die *L*-Reihe des Aldebaraniums.

Der beste Röntgenspektroskopiker ist heute wohl der Schwede *Siegbahn*; Fig. 14 zeigt eine Aufnahme des Aldebaraniumspektrums, um anschaulich zu machen, auf welcher Höhe heute die Kunst der Röntgenspektroskopie ist. Die Schönheit des Bildes steht keinem optischen Spektrum nach.

10. Die Röntgenspektra.

Was ist nun das Hauptergebnis dieser Forschungen? Es rührt im wesentlichen schon von dem obengenannten *Moseley* her. Fig. 15 a, b zeigt das überraschende Resultat:

Alle Elemente haben wesentlich dasselbe Röntgenspektrum, nur rücken alle Linien mit wachsender Atomnummer z nach wachsenden Schwingungszahlen ν oder nach abnehmenden Wellenlängen λ. Dabei ergibt sich das einfache Gesetz, daß $\sqrt{\nu}$ oder $1/\sqrt{\lambda}$, als Funktion von z aufgetragen,

eine gerade Linie ist, oder wenigstens eine schwach gekrümmte Kurve[19]). Die Figuren 16 und 17 zeigen das für die beiden Hauptgruppen der Röntgenlinien, die *K*- und *L*-Serie; jede dieser Serien besteht aus einer Anzahl von Linien, die von Element zu Element aufgetragen je eine glatte, fast *gerade* Linie ergeben. Daß es sich dabei wirklich um die Atomnummer z, nicht um das Atomgewicht A handelt, zeigt das folgende Bild, wo $\sqrt{\nu}$ als Funktion von z eine glatte Gerade, als Funktion von A eine unregelmäßige Wellenlinie gibt.

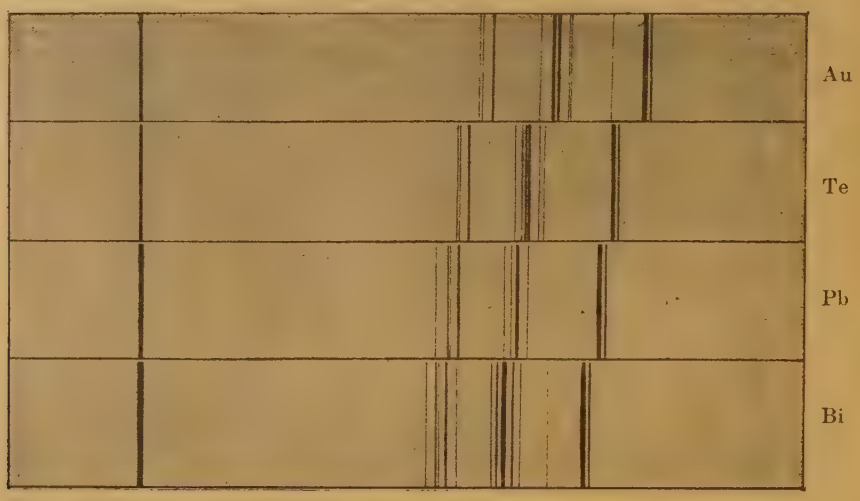


Fig. 15 a. Die *L*-Reihe einiger Elemente.

Damit ist aber der fundamentale Charakter der Atomnummer z nachgewiesen. Man weiß nun genau, daß wirklich A vor K, Co vor Ni geht; man weiß genau, daß nur 5 Elemente im periodischen System fehlen, denn sogar die seltenen Erden folgen lückenlos dem $\sqrt{\nu}$-Gesetze. Die Entdeckung dieser fehlenden Elemente mit Hilfe der Röntgenspektren ist jetzt in greifbare Nähe gerückt.

11. Der Atombau.

Welche Folgerungen über den Atombau lassen sich nun aus diesen Tatsachen ziehen? Es ist wohl klar, daß die Röntgenstrahlen aus dem Innersten des Atoms stammen, während die chemischen, optischen, magnetischen Eigenschaften der Atome von ihren äußeren Teilen bestimmt werden. Dann lehrt die Gleichartigkeit der Röntgenspektren den Satz:

Alle Atome haben im Innern denselben Aufbau.

Verbindet man diesen Satz mit der Tatsache, daß gewisse Röntgenlinien erst von einem bestimmten Elemente an auftreten, und mit der bekannten Periodizität des chemischen und physikalischen Verhaltens, so gelangt man zu der Vorstellung von der *schalenförmigen Anordnung* der Elektronen um den Kern.

Das H-Atom hat 1 Elektron, das He-Atom 2 Elektronen; diese bilden die erste Schale (oder den ersten Ring). Mit dem Alkalimetall Li beginnt die zweite Schale, zunächst aus 1 Elektron bestehend; sie wächst bis zum Ne auf 8 Elektronen; dann beginnt die dritte Schale bei Na mit 1 Elektron und wächst bis A auf 8 Elektronen. Bei den großen Perioden ist der weitere Aufbau

Fig. 15 b. Die *K*-Reihe einiger Elemente.

der Schalen aus chemischen Daten nicht ohne viel Willkür zu konstruieren; es sind da schon manche Hypothesen aufgestellt worden, doch wollen wir

nicht darauf eingehen. Jedenfalls liefert unser Prinzip zwei Grundtatsachen:

1. Die innersten Schalen sind für alle Atome von einer gewissen Stelle an qualitativ identisch, werden also qualitativ dieselben Röntgenstrahlen erzeugen; quantitativ aber erkennt man, daß die Elektronen mit wachsender Kernladungszahl z immer fester an den Kern gebunden werden, wodurch die Frequenz der Röntgenstrahlen immer größer wird. Die Quantentheorie der Emission, von der wir sogleich noch sprechen werden, liefert in der Tat das Gesetz, daß $\sqrt{\nu}$ näherungsweise proportional z ist.

2. Die äußerste Schale hat die Periode 8 und ist für Elemente derselben Vertikalreihe identisch, entsprechend dem gleichen chemischen und optischen Verhalten. *Kossel*[20] hat diese Vorstellungen qualitativ weiter ausgebaut und sie mit dem Verhalten der elektrochemischen Valenzen in Übereinstimmung gebracht. Er nimmt an, daß der Konfiguration von 8 Elektronen, wie sie die äußersten Schalen der Edelgase zeigen, eine besonders hohe Stabilität zukommt. Eine Schale von 1 Elektron ist wenig stabil, das Elektron

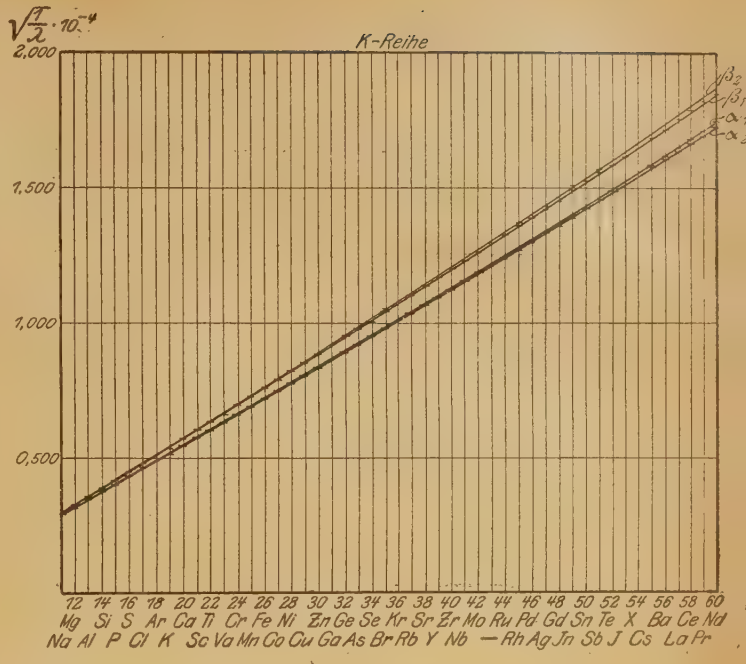


Fig. 16. Die K-Reihe.

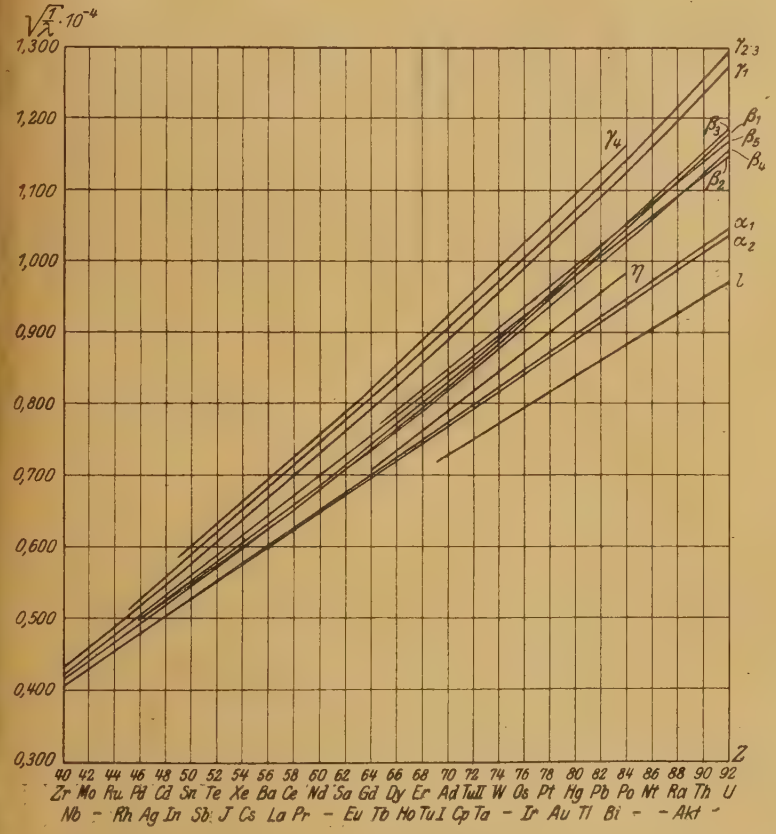


Fig. 17. Die L-Reihe.

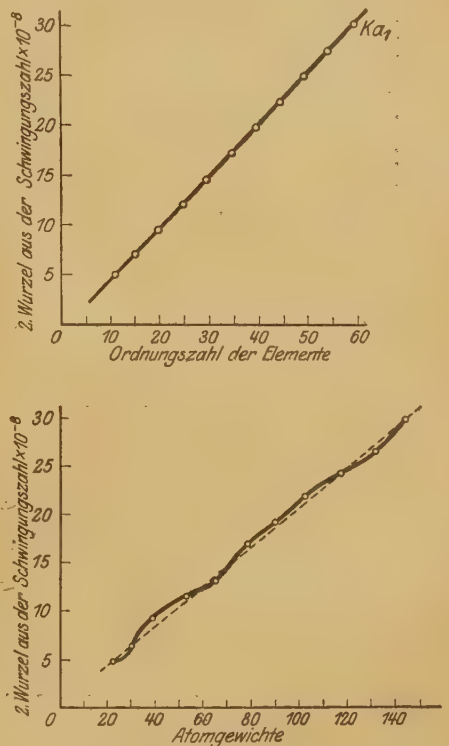


Fig. 18. Die Quadratwurzel aus der Schwingungszahl der K_α-Linie.

wird leicht abgegeben; etwas fester sitzen schon 2 Elektronen usw. Eine Schale von 7 Elektronen sucht ein Elektron an sich zu ziehen und sich zur stabilen Konfiguration der 8 Elektronen zu ergänzen; eine Schale von 6 Elektronen zieht 2 Elektronen an, aber mit geringerer Stärke usw. Auf diese Weise wird das polare Valenzverhalten höchst anschaulich. Die Fig. 19 verdeutlicht die maximale Zahl positiver und negativer Elektronen, die ein Atom aufnehmen kann; so ist z. B. die Elektronenzahl des neutralen Na-Atoms gleich 11 (leerer Kreis auf der Diagonale des Bildes),

es kann ein Elektron verlieren und rückt dann auf die durch das Edelgas Ne gehende Horizontale $z = 10$ (voller Kreis).

12. *Chemische Folgerungen.*

Kossel hat auf Grund dieser Idee zahlreiche chemische Tatsachen, besonders die Atoms diesem verloren geht und von der äußeren 7-Schale des *Cl*-Atoms aufgenommen wird. Dadurch entstehen ein Na^+-Ion und ein Cl^--Ion, beide mit einer stabilen äußeren Schale von 8 Elektronen. Diese ziehen sich nun auf Grund ihrer Ladungen an und legen sich zur NaCl-Molekel aneinander.

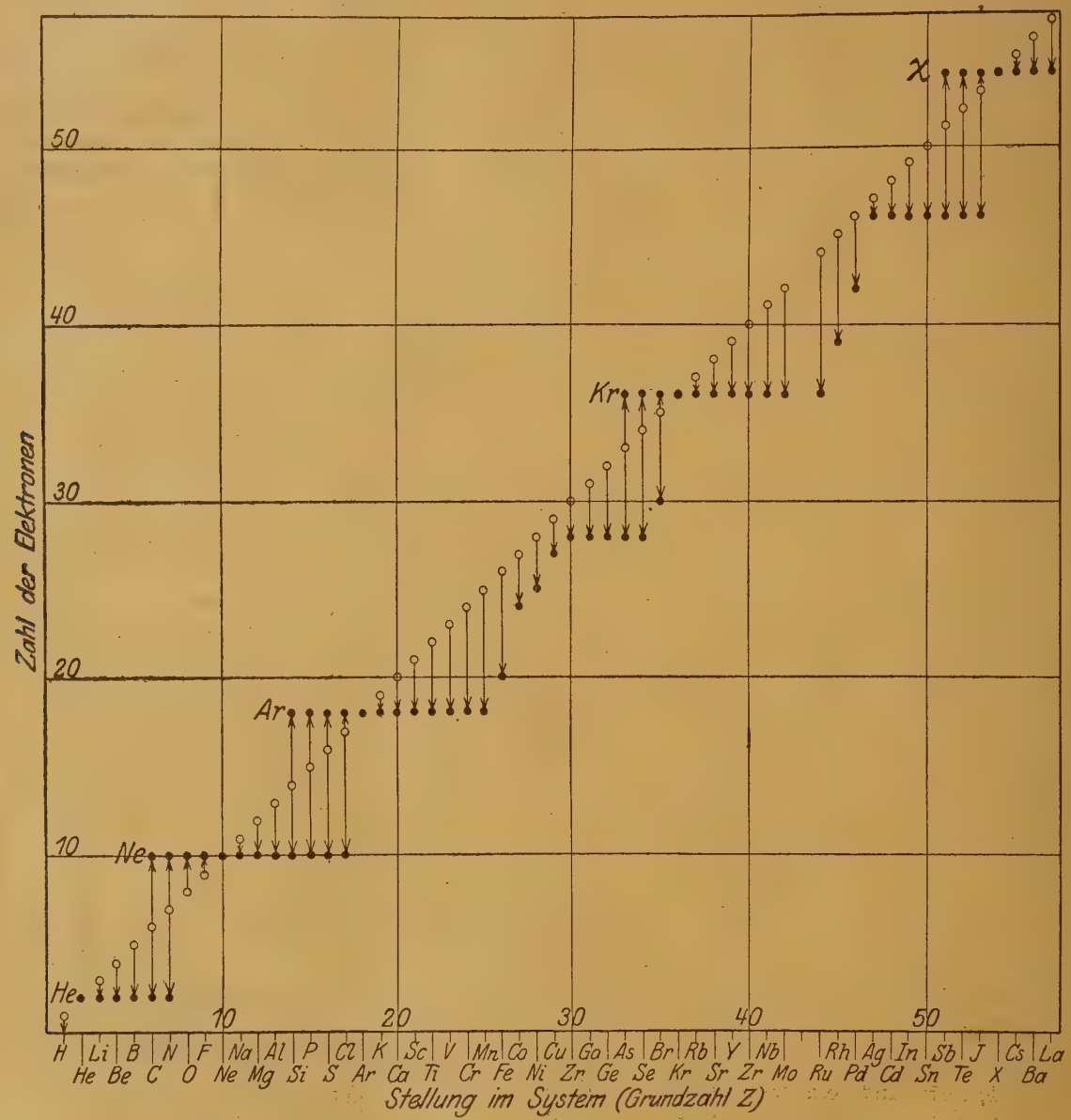


Fig. 19. Die Elektrovalenz der Atome (nach *Kossel* dargestellt).

Komplexverbindungen, in höchst einheitlicher Weise gedeutet. Das, was den Physiker dabei anzieht, ist, daß er mit den gewöhnlichen elektrostatischen Kräften auskommt, ohne Heranziehung besonderer Valenzen, die wie Seile oder Ketten von Atom zu Atom verlaufen. Verdeutlichen wir uns das z. B. an dem Zustandekommen der Verbindung NaCl. Der primäre Vorgang ist der, daß das lockere äußere Elektron des Na-

Diese Vorstellung haben *A. Landé* und ich (21) weiter verfolgt, indem wir die Gitterstruktur des NaCl-Kristalls herangezogen. Es gelingt dabei, die bei der Bildung einer Gramm-Molekel NaCl aus den Ionen frei werdende Wärme aus rein physikalischen Größen, wie Dichte und Kompressibilität, zu berechnen, und aus dem Werte dieser Bildungswärme lassen sich zahlreiche, zum Teil experimentell gut bestätigte Folgerungen

ziehen. Doch möchte ich auf diese noch im Werden befindlichen Untersuchungen hier nicht eingehen.

13. Die sichtbaren Spektren.

Die Kosselsche Vorstellung hat auch wichtige Konsequenzen auf andern Gebieten, vor allem in der Optik. Man wird annehmen müssen, daß das sichtbare Spektrum im wesentlichen von der äußersten Elektronenschale herrührt. Daraus folgt aber z. B., daß das Spektrum eines einwertigen Ions einer alkalischen Erde (3. Vertikalreihe des Systems der Elemente) qualitativ übereinstimmen muß mit dem Spektrum des entsprechenden neutralen Alkaliatoms (22); denn beide haben dieselben inneren Schalen und ein äußeres Elektron, sie unterscheiden sich nur durch eine Einheit der Kernladung. Diese wunderbare Gesetzmäßigkeit scheint sich durchweg zu bestätigen. So muß z. B. auch das Spektrum des He^+-Ions mit dem des H-Atoms qualitativ identisch sein, und das führt uns nun zur genaueren Betrachtung des H-Atoms.

14. Die Quantentheorie der Atome.

Beim H-Atom besitzen wir nämlich eine eingehende Theorie und ein genaues Bild seines Aussehens, dank der genialen Idee von *Niels Bohr* (23), der die Rutherfordsche Atomkerntheorie mit der Planckschen Quantentheorie (24) verband. Die Fig. 20 zeigt solche Bohrsche Atome. Es sind gewissermaßen kleine Sonnensysteme; der Kern ist die Sonne, die Elektronen die Planeten. Im Gegensatze zur Astronomie ist aber die Sonne nicht ungeheuer groß gegen die Planeten, sondern umgekehrt winzig klein; wohl aber ist hier wie dort die Masse des Zentralkörpers überwiegend groß. Die Anziehungskraft ist nicht die Gravitation, sondern die elektrische Attraktion, aber die Bewegungsgesetze sind genau dieselben, weil ja das Newtonsche Gesetz der Schwere mit dem Coulombschen der elektrischen Kräfte gleichlautet. Daher gelten auch im Falle eines Elektrons, wie beim H-Atom oder beim He^+-Ion, die Keplerschen Gesetze, aber ein fundamentales Gesetz kommt hinzu: die Quantenregel, die aus *Plancks* Theorie der Wärmestrahlung entstanden ist. Diese 4 Gesetze lauten also

1. *Das Elektron bewegt sich auf einer Ellipse, in deren einem Brennpunkt der Kern steht.*
2. *Die Quadrate der Umlaufszeiten verhalten sich wie die Kuben der großen Achsen.*
3. *Die vom Radius Vektor überstrichenen Flächen verhalten sich wie die verflossenen Zeiten;*

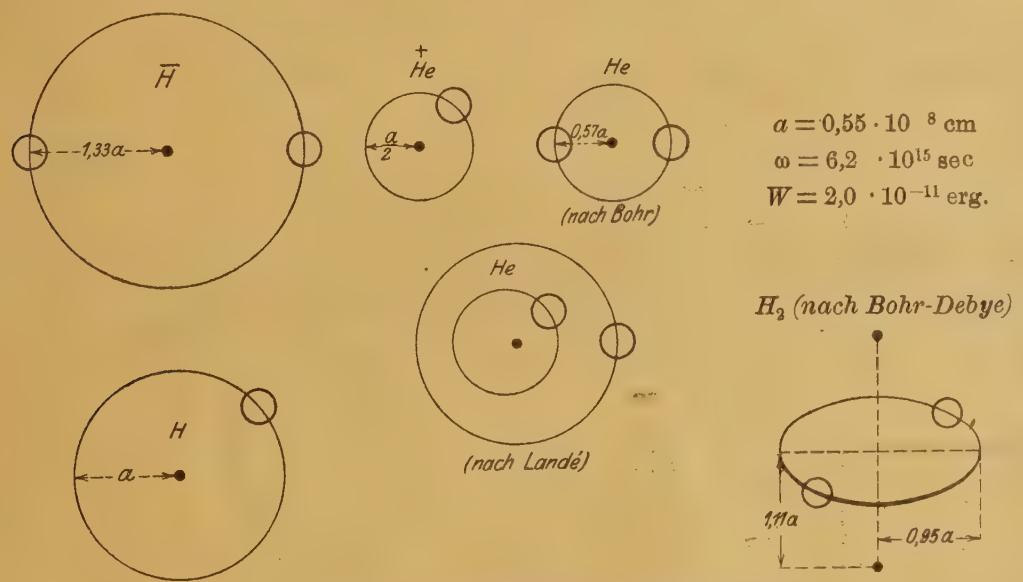


Fig. 20. Atom- und Molekel-Modelle nach *N. Bohr*.

dazu das Quantengesetz:

4. *Das Verhältnis der bei einem Umlaufe überstrichenen Flächen zu der dazu gebrauchten Zeit ist ein ganzzahliges Vielfaches einer bestimmten Größe* $\frac{4\pi m}{h}$, *wo m die (bekannte) Masse des Elektrons und*

$$h = 6{,}55 \cdot 10^{-27} \text{ erg. sec}$$

die Plancksche Konstante ist.

Hier ist nicht der Ort, auf die Entdeckung und die Bedeutung dieser Konstanten näher einzugehen; es mag genügen, daß sie die von einem schwarzen Körper ausgestrahlte Energiemenge bestimmt. Nach den aufgezählten Bewegungsgesetzen gibt es nur eine diskrete Menge von Bahnen, eine innerste, deren Radius a, Umlaufsfrequenz ω und Energiebetrag W von der Figur abgelesen werden können, und immer weitere und weitere, die einander umschließen. Wenn nun

das Elektron von einer Bahn in eine andere überspringt, so wird dabei entweder Energie verbraucht oder abgegeben; im ersteren Falle wird Licht absorbiert, im zweiten emittiert. Über das Gesetz dieser Emission und Absorption hat *Bohr* eine Hypothese aufgestellt, die der Planckschen Quantentheorie der Strahlung entlehnt ist. Bei jedem Sprunge von einer Bahn von größerer Energie zu einer von kleinerer soll eine monochromatische (einfarbige) Strahlung emittiert werden, deren Schwingungszahl mit h multipliziert gleich der Energiedifferenz W ist:

$$h\nu = W.$$

Auf diese Weise erhält man quantitativ exakt das Gesetz der Emission des H-Atoms, nämlich die bekannte Serie ([25]), die Figur 21 an zwei Sternaufnahmen ([26]) zeigt. Hier sieht man die Linien dieser Serie eingerahmt von je zwei Vergleichsspektren; man erkennt ohne weiteres die gesetzmäßige Aufeinanderfolge der Linien und ihre Häufung im Ultravioletten, die Seriengrenze. Die folgende Tabelle

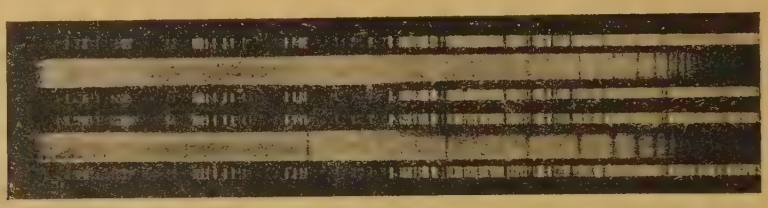


Fig. 21. Wasserstoff-Sternspektren (Balmersche Serie).

Linie	m	Berechnet	Beobachtet	Differenz
Hα	3	6564,96	6564,97	0,0
Hβ	4	4862,93	4862,93	0,0
Hγ	5	4341,90	4342,00	+0,1
Hδ	6	4103,10	4103,11	0,0
Hε	7	3971,40	3971,40	0,0
Hζ	8	3890,30	3890,30	0,0
Hη	9	3836,70	3836,80	+0,1
Hϑ	10	3799,20	3799,20	0,0
Hι	11	3771,90	3771,90	0,0
Hκ	12	3751,40	3751,30	−0,1
Hλ	13	3735,60	3735,30	−0,3
Hμ	14	3723,20	3722,80	−0,4
Hν	15	3713,20	3712,90	+0,3

Vergleich der berechneten und beobachteten Wellenlängen der Balmerschen Serie.

veranschaulicht die Genauigkeit, mit der die Wellenlängen dieser Serie durch die zuerst von *Balmer* empirisch gefundene, jetzt von *Bohr* theoretisch begründete Formel dargestellt werden. Aber noch unzählige Feinheiten des H-Spektrums, wie die zarten Trabanten der Hauptlinien ([27]), die Aufspaltung im elektrischen Felde ([28]) usw. werden durch die Bohrsche Theorie quantitativ erklärt.

Ähnlich steht es mit dem He^+-Spektrum; die Hauptserie desselben hielt man früher für eine Nebenserie des Wasserstoffes wegen ihres analogen Aufbaus.

Auch über das neutrale He-Atom hat man sich bestimmte Vorstellungen gemacht; Fig. 20 zeigt das Modell von *Bohr*, wo beide Elektronen auf demselben Kreise symmetrisch umlaufen, und das Modell von *Landé* ([29]), wo sie verschiedene kreisähnliche Bahnen durchlaufen, deren innere von der äußeren exzentrisch zur Seite gedrängt wird. Letzteres Modell gibt das sichtbare Spektrum recht gut wieder, aber es versagt in einem Punkte, nämlich der Ionisierungsenergie. Das ist die Arbeit, die nötig ist, um dem Atom ein Elektron ganz zu entreißen; also eine Größe, die für die Kosselsche Auffassung der chemischen Bindung fundamental ist. Sie ist gewissermaßen die Energiedifferenz der im Unendlichen liegenden Quantenbahn gegen die erste und hängt daher mit der ultravioletten Grenze des Spektrums durch das Quantengesetz zusammen:

$$J = h\nu,$$

wo ν die Grenzfrequenz ist. Diese Abtrennungsenergie J haben *Franck* und *Hertz* ([30]) direkt zu messen gelehrt, indem sie die Atome mit Elektronen bombardieren und beobachten, bei welcher Geschwindigkeit die Elektronen das Atom zertrümmern und dabei ihre Energie einbüßen. Sowohl das Bohrsche wie das Landésche Modell für He lieferte Werte von J, die mit den Messungsergebnissen schwer vereinbar sind.

Die durch das Gesetz $J = h\nu$ statuierte Beziehung zwischen optischen und elektrischen Größen ist aber sonst überall gut bestätigt worden. Fig. 22 zeigt die Spektren der Alkalimetalle Na und K, auf der man die Grenze der Serie, deren ν in dieses Gesetz eingeht, erkennen kann. Auch über die Molekelbildung hat man sich bestimmte Vorstellungen gemacht; so hat *Bohr* ein H_2-Modell ([19]) vorgeschlagen, bei dem die beiden Elektronen auf einem äquatoriellen Ringe zwischen den beiden Kernen kreisen (Fig. 20). *Debye* ([31]) hat gezeigt, daß dieses Modell den richtigen Verlauf des Brechungsindex vom H_2-Gas liefert, aber die daraus berechnete Dissoziationswärme $H_2 = 2\,H$ ergibt sich zu klein (60 kg-Kal. gegen den gemessenen Wert von etwa 80 bis 100 kg-Kal.). Auch müßte eine solche Molekel paramagnetisch sein.

Daher hält man das Modell heute wohl nicht mehr für ganz richtig.

Auf ähnlichen Prinzipien beruhen die quantitativen Berechnungen der Röntgenspektren (32); doch sind dabei noch keine vollständigen Übereinstimmungen zwischen Rechnung und Beobachtung erzielt worden.

15. *Der Aufbau der Kerne.*

Zum Schlusse wollen wir noch einmal auf die Frage des Aufbaus der Kerne aus kleineren Einheiten eingehen. Es liegt nahe anzunehmen, daß das H-Atom der Baustein sei, aus dem sie alle bestehen. Allerdings tritt in den α-Strahlen gerade der He-Kern als selbständiges Gebilde zu-

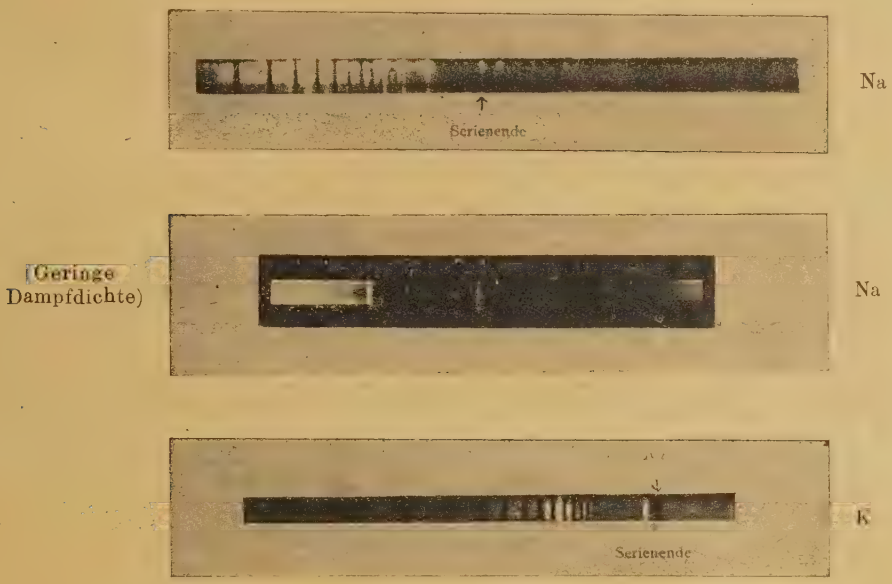


Fig. 22. Hauptserien der Alkalimetalle. *Na* und *K*.

tage. Schwierigkeiten bietet auch die Tatsache, daß die Atomgewichte nicht genau ganzzahlig sind. Doch kennt man heute zwei Gründe hierfür, nämlich einmal die Tatsache der Isotopen, sodann den schon oben benutzten Satz der Relativitätstheorie, daß Energie Masse erzeugt. Die Isotopen hat man unter den radioaktiven Elementen kennen gelernt; es sind Elemente von genau gleicher Kernladungszahl, aber etwas verschiedenem Atomgewichte. Chemisch verhalten sie sich völlig gleich und bilden Gemische, die den Eindruck von einheitlichen Elementen machen; ein solches Gemisch wird auch dann, wenn die Atomgewichte der Bestandteile ganze Zahlen sind, ein nichtganzzahliges scheinbares Atomgewicht zeigen, nämlich einen Mittelwert der Bestandteile. Wenn mehrere Kerne (etwa He-Kerne) zu einem größeren Kerne zusammentreten, so wird dabei Energie umgesetzt, der, wie wir wissen, Masse zukommt; die Gesamtmasse des Kerns ist dann nicht einfach die Summe der Teile, sondern größer oder kleiner, also nicht ganzzahlig. Neuerdings ist es nun *Rutherford* gelungen, vom Stickstoffatom H-Atome abzuspalten (33). Wenn man ein Gas mit α-Strahlen bombardiert, kommt es gelegentlich vor, daß ein Atom des Gases so zentral getroffen wird, daß es selbst eine große Geschwindigkeit erhält; handelt es sich besonders um Wasserstoffgas, so fliegen die H-Atome wegen ihrer 4-mal geringeren Masse mit viel größerer Geschwindigkeit weiter als die erzeugenden α-Strahlen (He-Kerne), haben also eine größere Reichweite, an der sie erkannt werden können (Fig. 23). Als nun *Rutherford* N_2-Gas in dieser Weise bombardierte, fand er solche sekundären Strahlen von großer Reichweite, die nichts als H-Atome sein können. Das α-Teilchen muß also das N-Atom zertrümmert und ein H-Atom abgespalten haben.

Fig. 23. Wasserstoffstrahlen, durch α-Strahlen erzeugt.

Diese fundamentale Entdeckung erweckt die Hoffnung, daß dermaleinst der Aufbau der gesamten Materie aus 2 polaren Bausteinen klar zutage treten wird. Dann wird die ganze Physik und Chemie eine Aufgabe der Zahlentheorie werden: Die Theorie der Atomnummer *z*.

Literatur[1]).

1) *W. Kaufmann*, Ann. d. Phys. *19*, 487, 1906.
A. H. Bucherer, Ann. d. Phys. *31*, S. 513, 1909.
E. Hupka, Ann. d. Phys. *28*, S. 169, 1910.
G. Neumann, Ann. d. Phys. *45*, S. 529, 1914.
2) *E. Goldstein*, Wied. Ann. *64*, S. 38, 1898. Zusammenfassende Darstellung bei *W. Wien*, Handbuch der Radiologie Bd. *4* (Leipzig 1917).
3) *E. Rutherford* und *T. Royds*, Phil. Mag. *17*, S. 281, 1909. Allg. über radioaktive Strahlung bei *St. Meyer* u. *E. v. Schweidler*, Radioaktivität (Leipzig 1916), und *E. Rutherford*, Radioaktive Substanzen und ihre Strahlungen, Handb. d. Radiologie Bd. *2* (Leipzig 1913).
4) *J. J. Thomson*, The Corpuscular Theory of matter, London 1907.
W. Wien, Ann. d. Phys. *8*, S. 244, 1902.
5) *P. Drude*, Ann. d. Phys. *14*, S. 677, 936, 1904.
6) *P. Zeeman*, Phil. Mag. (5), *43*, S. 226; *44*, S. 255, 1897.
H. A. Lorentz, Wied. Ann. *63*, S. 278, 1897.
7) *H. A. Wilson*, Phil. Mag. *5*, S. 429, 1903.
R. A. Millikan, Phil. Mag. *19*, S. 209, 1910; *37*, S. 1, 1917. Phys. Z. *14*, S. 796, 1913.
F. Ehrenhaft, Wien. Ber. *69*, S. 815, 1910. Ann. d. Phys. (4) *56*, S. 1, 1918.
8) *A. Einstein*, Ann. d. Phys. *23*, S. 371, 1907.
9) *Lord Kelvin*, Phil. Mag. *8*, S. 528, 1904; *10*, S. 695, 1905.
J. J. Thomson, siehe 4).
10) *E. Rutherford*, Phil. Mag. *11*, S. 166, 1906.
H. Geiger u. *E. Marsden*, Proc. of. Roy. Soc. (A) *82*, S. 495, 1909.
C. G. Darwin, Phil. Mag. *27*, S. 506, 1914.
E. Rutherford, Phil. Mag. *27*, S. 494, 1914.
11) *C. T. R. Wilson*, Jahrb. d. Rad. u. Elektr. *10*, S. 34, 1913.
12) *J. J. Thomson*, siehe 4).
13) *A. van den Broek*, Atomtheorie u. Atomzerfall, Elster-Geitel-Festschrift, Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1915, S. 428—434.
14) *W. Friedrich*, *P. Knipping* u. *M. v. Laue*, München. Ber. 1912, S. 303. Zusammenfassender Bericht von *M. v. Laue*, Jahrb. d. Radioakt. u. Elektronik, *11*, S. 308, 1914.
15) *W. H.* u. *W. L. Bragg*, Proc. Roy. Soc. (A) *88*, S. 428, 1913. Zusammenfassender Bericht über die Kristallanalyse von *W. H. Bragg*, X-Rays and Crystal-Structure (London 1916).
16) *H. G. J. Moseley*, Phil. Mag. (6) *26*, 1024, 1913; *27*, S. 703, 1914.
17) *P. Debye* u. *P. Scherrer*, Phys. Z. *17*, S. 277, 1916; *18*, S. 291, 1917.
18) *M. Siegbahn*, Jahrb. d. Rad. u. Elektr. *13*, S. 296, 1916. Zusammenfassender Bericht über Röntgenspektroskopie von *E. Wagner*, Phys. Z. *18*, S. 495, 1917.
19) *A. Sommerfeld*, Ann. d. Phys. *51*, S. 1, 125, 1916.
20) *W. Kossel*, Ann. d. Phys. *49*, S. 229, 1916.
21) *M. Born* u. *A. Landé*, Verh. d. D. Phys. Ges. *20*, S. 210, 1918; *21*, S. 13, 533, 1919.
K. Fajans, Verh. d. D. Phys. Ges. *21*, S. 539, 549, 1919.
22) *W. Kossel* u. *A. Sommerfeld*, Verh. d. D. Phys. Ges., *21*, S. 240, 1919.
23) *N. Bohr*, Phil. Mag. *26*, S. 1, 1913; *26*, S. 476, 1913.
24) *M. Planck*, Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung, Leipzig 1913.
25) *J. J. Balmer*, Wied. Ann. *25*, S. 80, 1885.
26) *J. Hartmann*, Phys. Z. *18*, S. 429, 1917.
27) *A. Sommerfeld*, Münchn. Ber., S. 459, 1915; Ann. d. Phys. *50*, S. 125, 1916.
28) *P. S. Epstein*, Ann. d. Phys. *50*, S. 489, 1916; Ann. d. Phys. *58*, S. 553, 1919.
29) *A. Landé*, Phys. Z. *20*, S. 228, 1919.
30) *J. Frank* u. *G. Hertz*, Phys. Z. *17*, 409, 430, 1916; *20*, S. 132, 1919.
31) *P. Debye*, Münchn. Ber. 1915, S. 1.
32) *A. Sommerfeld*, siehe 19) und 27).
33) *E. Rutherford*, Phil. Mag. *37*, S. 537, 1919.
K. Fajans, Naturw. *7*, S. 729, 1919.
W. Lenz, Naturw. *8*, S. 181, 1920.

[1]) Während des Druckes dieses Aufsatzes erschien das wertvolle Buch von *A. Sommerfeld*, Atombau und Spektrallinien (Braunschweig 1919); es konnte leider nicht mehr benutzt werden.

Die organische Ernährung bei höheren grünen Pflanzen.

Von Friedrich Czapek, Prag.

Eine der wundervollsten Entdeckungen der Pflanzenphysiologie des vorigen Jahrhunderts war die sog. „Wasserkultur" bei grünen Landpflanzen. Dank der gut ausgebildeten Methodik kann man sich heute in jedem pflanzenphysiologischen Laboratorium davon überzeugen, wie Hülsenfrüchtler, Getreidearten und andere Pflanzen, auch Holzgewächse, ohne viel Mühe in einer wässerigen Nährlösung, die nichts anderes als etwa 0,2 % Mineralsalze (Kali, Kalk, Magnesia, Spuren Eisen, Phosphorsäure und Schwefelsäure, mit Nitrat oder Ammoniumsalz als Stickstoffquelle) enthält und gut durchlüftet wird, freudig wachsen und vom Keimlingsstadium bis zur Blüte und Frucht zu bringen sind. Diese Ernährungsversuche zeigen schlagend, daß organische Verbindungen für grüne Pflanzen absolut entbehrlich sind und daß die Luftkohlensäure allein die gesamte organische Produktion der grünen Pflanzen ermöglicht. Mit *Pfeffer* stellt man diese Ernährungsweise als *„autotrophe"* der *„xenotrophen"* gegenüber, die alle Fälle in sich begreift, in denen mindestens gewisse organische Stoffe unentbehrlich sind, wie in der Ernährung der höheren und niederen Pilze. Weitere Fälle von Autotrophie kennt man nur noch von bestimmten biologischen Bakteriengruppen, sonst sind alle übrigen Organismen xenotroph.

Doch warnte bereits *Pfeffer* selbst vor der Meinung, daß den autotrophen Pflanzen eine Sonderstellung hinsichtlich ihres Stoffwechsels zukomme. So viel wir wissen, läuft die Fähigkeit grüner Gewächse, Kohlensäure im Sonnenlicht zu assimilieren, auf eine Synthese von Zucker (Hexosen) aus Kohlendioxyd und Wasser hinaus. So wie wir nicht etwa einem Zuckerfabrikanten, weil er seinen Zucker nicht einzukaufen braucht, sondern denselben aus den in eigenem Besitze be-

findlichen Rohstoffen gewinnt, besondere physiologische Befähigungen zuschreiben werden, so wenig ist der Stoffwechsel der grünen Pflanzen im übrigen abweichend zu beurteilen, weil deren Zellen in den Chlorophyllkörnern über Laboratorien zur Zuckerbereitung verfügen und keinen fertigen Zucker von außen her brauchen. Diese Klarstellung hat im Ausbau der pflanzlichen Ernährungslehre außerordentlichen Nutzen gestiftet, und wir dürfen ungescheut daran gehen, die Angelegenheit auch von der anderen Seite her zu besehen, indem wir die Frage aufwerfen, wie sich grüne Pflanzen im Experiment und in der Natur zu organischen Stoffen verhalten, die ihnen C und N liefern können.

Das natürliche Bodensubstrat ist ungemein reich an verschiedenen organischen Verbindungen, um so reicher, je „humusreicher" der Boden ist. Stellen mit üppigem Pflanzenwuchs, besonders in jungfräulichem Urwald- oder Prärieboden, zeigen die größte Anhäufung dieser Humusstoffe. Erst die neuere Agrikulturchemie hat es unternommen, systematisch die organischen Verbindungen qualitativ und quantitativ festzustellen, welche die Ackerkrume birgt, und wir danken vor allem amerikanischen Forschern Aufklärung über diese Verhältnisse[1]). Man kennt bereits zahlreiche fettartige Stoffe, Kohlenhydratsubstanzen und Stickstoffverbindungen, die anscheinend in jedem Boden vorkommen. *Schreiner* und *Shorey*[2]) wiesen in humusreichen Böden Paraffinkohlenwasserstoffe nach, Fettsäureglyceride, Alpha-Oxystearinsäure, Dioxystearinsäure, Lignocerinsäure und Paraffinsäure. Von organischen Säuren fand man noch Acrylsäure, Oxalsäure, Bernsteinsäure, auch Zuckersäure. Von kohlenhydratartigen Stoffen ergab sich im Humus besonders viel Pentosan und Methylpentosan, die offenbar von den Bodenbakterien am langsamsten abgebaut werden[3]). Bei *Schreiner* finden wir ferner Hinweise auf das Vorkommen von Terpenen, Cumarin, Vanillin und Pyridinbasen im Boden[4]). Von stickstoffhaltigen Verbindungen ließen sich besonders Aminosäuren und Purinbasen nachweisen, die dem Zelleiweiß und den Nukleinen entstammen. Nach *Potter*[5]) ist übrigens der Gehalt des Bodens an dem mit verdünntem Alkali extrahierbaren „Huminstickstoff" weitaus größer als an Aminosäurestickstoff. Ältere Angaben von *Dojarenko*[6]) hatten den Aminosäure-N des Bodens mit 22—70 % des Gesamt-N beziffert, wahrscheinlich viel zu hoch. Histidin und Arginin, die bekannten Eiweißspaltungsprodukte, ließen sich im Boden gleichfalls nachweisen[7]). Viele dieser Stoffe waren in erhöhter Menge vorhanden, wenn die Bodenprobe vorher erhitzt oder gedämpft worden war, also einer Art Aufschließung unterworfen wurde.

Allerdings ist es die Frage, wie viel von allen diesen Stoffen auf die Rechnung lebender Bodenorganismen zu stellen ist, wie Bakterien, Pilze, Algen und Protozoen des Bodens, wieviel also nicht ohne weiteres den Wurzeln als Nahrungsmaterial zur Verfügung steht. Da aber gewiß ein Teil der erwähnten Stoffe sich frei im Boden findet, so ist es eine Aufgabe der Forschung, den Nährwert solcher Substanzen zu prüfen und ihre tatsächliche Bedeutung im Haushalte der unter natürlichen Verhältnissen vegetierenden Gewächse sicherzustellen. Den Hauptanteil an der organischen Substanz im Boden nehmen jedoch jene alkalilöslichen dunkelgefärbten kolloidalen, teils N-freien, teils N-haltigen Stoffe, die man seit alters als „Huminsubstanzen" zusammenfaßt. Ihre Chemie ist trotz vieler Versuche namhafter Forscher seit *Berzelius* wenig geklärt, und es hätte hier keinen Zweck, näher darauf einzugehen. Zum Teil sind sie gewiß Derivate von Kohlenhydraten und jenen Produkten vergleichbar, die man bei Oxydation von Zucker erhält. Andererseits dürften die sogenannten „Melanoidine", die bei der künstlichen Eiweißspaltung reichlich entstehen, Beziehungen zu den natürlichen N-haltigen Humuskörpern haben. Die Huminkörper verhalten sich in manchen Reaktionen wie Aldehyd- oder Ketonkörper, werden seit *Berzelius* vielfach als Säuren angesprochen und dürften Kondensationsprodukte mit zahlreichen Ringverkettungen (Furan, Pyridin) einschließen. Übrigens stehen auch die Gerbstoffe mit ihren als Phlobaphene benannten rotbraunen Oxydations- und Kondensationsprodukten mit den Humusstoffen in Beziehung. Da es sich um kochkolloidale Substanzen handelt, ist von *Gully* und *Baumann* mit Recht die Frage aufgeworfen worden, ob die sauren Eigenschaften von Humus und Torf überhaupt von wohlcharakterisierten Säuren herrühren, oder die beobachteten Reaktionen Kolloidphänomene sind. *Odén*[8]), dem wir die neueste große Monographie der Huminsäuren verdanken, verteidigt hingegen die Theorie der Säurenatur dieser komplexen Substanzen.

Wie dem immer sei, so handelt es sich hier für uns um die Frage, inwieweit alle diese Stoffe von grünen Pflanzen zur C- und N-Versorgung ausnutzbar sind. Im Sinne der von *Saussure* begründeten modernen Lehre, daß der Stoffwechsel

[1]) Vgl. die Übersicht von *Thomas* in Biochem. Bull. *III*, 210 (1914). *Jodidi*, Landwirtsch. Vers. Stat. *LXXXV*, 359 (1914), Biochem. Bull. *III*, 17 (1913).

[2]) *Schreiner* u. *Shorey*, Journ. Amer. Chem. Soc. *XXXII*, 1674 (1910). *XXXIII*, 78 u. 81 (1911).

[3]) *Michelet* u. *Sebelien*, Chem.-Ztg. *XXX*, 356 (1906). *Shorey* u. *Lathrop*, Chem. Zentralbl. 1911, I, 586.

[4]) *Schreiner*, *Reed* u. *Skinner*, U. S. Dept. Agr. Publ. 1907.

[5]) *Potter* u. *Snyder*, Journ. Amer. Chem. Soc. *XXXVII*, 76 (1915).

[6]) *Dojarenko*, Landw. Vers. Stat. *LVI*, 311 (1902). *Suzuki*, Bull. Coll. Agr. Tokyo *VII*, 513 (1907).

[7]) *Skinner*, Orig. Comm. 8th Int. Congr. Appl. Chem. *XV*, 253 (1912).

[8]) *Sven Odén*, Kolloidchem. Beihefte Bd. *XI*, Hefte 3—9 (1909).

der grünen Gewächse darauf eingestellt ist, mit Hilfe der Luftkohlensäure seinen C-Bedarf zu decken, wird man von vornherein den organischen Bodenbestandteilen als C-Quelle keine allzugroße Bedeutung zuzuschreiben geneigt sein. Auch hat *Molliard*[9]) in neuerer Zeit wieder eingehend nachgeprüft, inwieweit die aus Humusstoffen sich entwickelnde Kohlensäure neben der Luftkohlensäure eine Rolle spielt, und wieder das Ergebnis erhalten, daß diese Bedeutung höchstens eine nebensächliche sein kann. Daß aber auf Kosten der Kohlenstoffverbindungen des Humus Pflanzensubstanz neugebildet werden kann, ist nach älteren und neueren Erfahrungen kaum zu bezweifeln. *Robertson*[10]) gelang es, für Schimmelpilze die Nährtauglichkeit natürlicher und künstlicher Huminsubstanzen zu erweisen, und die Versuche von *Molliard* ergaben, daß grüne Pflanzen Humus-C für sich verwenden können. Ob nun der Humus-C für gewisse Pflanzen nötig ist, wie *Cailletet*[11]) für den Frauenhaarfarn behauptete, ist eine andere Sache. Ganz allgemein wertlos scheinen diese Bodensubstanzen aber nicht zu sein.

Zur Beurteilung der Nährwirkung einzelner organischer Verbindungen sind Vegetationsversuche in definierten Medien unerläßlich, und es ist viel Mühe darauf verwendet worden, der Schwierigkeiten Herr zu werden, welche sich bei solchen Experimentaluntersuchungen ergeben. Bei der langen Dauer der Versuche ist die Ansiedelung und Konkurrenz von Mikroben im Nährsubstrat kaum zu vermeiden, wenn man nicht von vornherein für strenge Asepsis und Sterilität sorgt. Bis zu einem gewissen Grade kam einst *Acton*[12]) dadurch zum Ziel, daß er die Pflanzen täglich nur auf kürzere Zeit in das mit organischen Substanzen versetzte Nährmedium brachte und sonst in der gewöhnlichen anorganischen Nährlösung hielt. *Acton* konnte schon so eine Differenz zugunsten der mit bestimmten organischen Verbindungen versorgten Versuchspflanzen wahrnehmen. Da aber exakte Resultate nur mit steril gehaltenen Pflanzen zu erwarten sind, hat man mit Recht in neuerer Zeit getrachtet, solche verläßlich sterile Kulturen anzulegen. Die zur Aussaat bestimmten Samen sind, wenn man sie in der gewöhnlichen Art einsammelt, kaum sicher steril zu machen[13]). Am besten gelingt es noch, durch Behandlung mit stark bakteriziden Lösungen, wie Sublimat, die die Keimkraft relativ wenig beeinträchtigen. *Arcichovsky*[14]) machte mit Recht darauf aufmerksam, daß man völlig sterile Samen aus unbeschädigten Früchten bei Entnahme unter aseptischen Kautelen erhalten kann. Es wurde schließlich mehrfach auch erfolgreich versucht, die Embryonen aus reifen Samen vom Nährgewebe abgetrennt zur Weiterentwicklung zu bringen[15]). Einen ganz anderen Weg schlugen *Ciamician* und *Ravenna*[16]) ein, indem sie die zu untersuchenden Substanzen in krautige Stengel verschiedener Pflanzen injizierten und prüften, ob die einverleibten Stoffe verändert resp. aufgezehrt werden oder nicht.

Hinsichtlich der Beurteilung der Nährtauglichkeit der einzelnen Substanzen in den Ergebnissen aller dieser Versuche ist man nicht immer so kritisch zu Werke gegangen als es nötig gewesen wäre. Quantitative Bilanzversuche zwischen C- und N-Verlust im Substrat und dem Gewinn an C und N in der lebenden Pflanzensubstanz finden sich anscheinend überhaupt noch nicht in der Literatur. Bei Sichtung des Materials läßt sich etwa folgendes feststellen. Vor allem sind gewisse Zuckerarten wahrscheinlich allgemein durch die Wurzeln höherer Pflanzen resorbierbar und assimilierbar. Dies wurde 1883 zuerst durch *J. Boehm*[17]) gezeigt, und zahlreiche Forscher kamen zu demselben Ergebnis. Methodisch scheinen die Arbeiten von *Ravenna*[18]) und von *Shulow*[19]) am besten zu sein, denen es gelang, in sterilen Kulturen von Mais im Licht wie im Dunklen Zuckeraufnahme und Zuckerverbrauch zu beobachten. Daß der Zucker nicht nur lokal in der Wurzel assimilierbar ist, sondern bis in die Blätter gelangt, geht daraus hervor, daß die Zuckerkulturen auch im Dunklen in ihren Blattzellen Stärke bildeten. So schließen sich diese Versuche an die bekannten durch *Boehm, A. Meyer* u. a. begründeten Erfahrungen mit Blättern an, die von der Pflanze abgetrennt im Dunklen auf Zuckerlösung schwimmend, Stärkekörner formieren. Außer Traubenzucker und Fruktose scheint auch Saccharose allgemein bei Darreichung durch die Wurzeln assimilierbar zu sein, doch fand *Molliard*[20]) eine Ausnahme in der Brunnenkresse, welche im Gegensatz zu Radieschen u. a. Pflanzen Rohrzucker nicht assimilierte. Die Zuckerkulturen zeichnen sich in der Regel durch starkes Ergrünen aus, weisen auch öfters Formänderungen der Blätter auf. Die parasitische

[9]) *Molliard*, Compt. rend. *CLIV*, 291 (1912). Rev. gén. de Bot. *XXVII*, 1 (1915).

[10]) *Robertson, Irvine* und *Dobson*, Biochem. Journ. *II*, 458 (1907).

[11]) *Cailletet*, Compt. rend. *CLII*, 1215 (1911).

[12]) *Acton*, Proc. Soc. Lond. *XXXXVII*, 150 (1890).

[13]) Vgl. *Grafe*, Abderhaldens Handb. d. biochem. Arbeitsmethoden *VI*, 139 (1912). *R. de Zeeuw*, Centr. Bakter., II. Abt. Bd. *XXXI*, 4 (1911). *Combes*, Compt. rend. *CLIV*, 891 (1912).

[14]) *Arcichovsky*, Centr. Bakter., 2. Abt., Bd. *XXXVI*, 421 (1912).

[15]) *Gain* und *Jungelson*, C. r. *CLX*, 142 (1915); *Buckner* und *Kastle*, Journ. of Biol., Chem. *XXIX*, 209 (1917). Vgl. auch *Czapek*, Biochemie d. Pfl., 2. Aufl. *I*, 448 (1913).

[16]) *Ciamician und Ravenna*, Gazz. chim. ital., *48*, *I*, p. 253 (1918).

[17]) *J. Boehm*, Botan. Ztg. Jahrg. 1883, S. 54.

[18]) *Ravenna*, Atti Accad. Lincei Roma *XXV*, 649 (1916).

[19]) *J. Shulow*, Journ. exp., Landwirtsch., Petersburg, *XIII*, 207 (1913).

[20]) *Molliard*, Bull. Soc. Botan. *LIII*, 61 (1906); *LVI*, 382 (1909); *LV*, 636 (1908).

Flachsseide brachte *Molliard*[21]) in Zuckerkultur bis zur Blüte. Im Dunklen scheint nach diesem Forscher u. a.[22]) die Zuckerverarbeitung nur relativ schwach zu erfolgen, und auch *Lubimenko*[23]) beobachtete bei Pinienkeimlingen reichliche Zuckerverarbeitung nur bei geringem Lichtzutritt. Da hierbei eine erhebliche Chlorophylltätigkeit ausgeschlossen ist, so muß diese Erscheinung einen anderen noch unbekannten Grund haben.

Für Blätter ist es bekannt, daß manche Zuckerkörper, wie Galaktose, Sorbit oder Adonit, aber auch Glycerin, zwar nicht allgemein, aber doch bei bestimmten Pflanzen zu Stärke verarbeitet werden[24]). Ähnliche Ergebnisse werden sich vielleicht auch hinsichtlich der Zuckeraufnahme durch Wurzeln feststellen lassen. Bei gewissen einzelligen Algen, auch bei Euglenaceen, kann man durch Zuckerfütterung im Dunklen völlig chlorophyllfreie saprophytische Formen erhalten. Es ist aber unbekannt, ob ähnliche Erfolge bei irgend einer höheren Pflanze zu erreichen sind.

Den Zuckerarten stehen in heterotrophen Kulturen grüner Pflanzen Glycerin und gewisse organische Säuren zunächst an Tauglichkeit, ebenso wie bei Pilzen und Algen. So konnte *Ravin*[25]) bei Raphanus saure und neutrale Kalisalze organischer Säuren ausgenutzt finden, desgleichen *Bokorny*[26]), für Hyacinthus *Coppin*[27]) Malat und Oxalat. Einfacher gebaute Kohlenstoffverbindungen sind gleichfalls assimilierbar. Bei Farnprothallien soll nach *Kimpflin*[28]) Acrolein wirksam sein. Interessant sind die Erfahrungen über Aufnahme von Vaselinöl, also von Paraffinkohlenwasserstoffen, und Petroleum durch Balsaminen, nach *Kryz*[29]). Doch wirken diese Stoffe schädlich. Methylalkohol soll nach *Bokorny*[30]) verbreitet zur organischen Ernährung grüner Pflanzen dienen, ebenso Methylal. Doch scheinen sterile Dunkelversuche mit diesen Substanzen zu fehlen. Mit verschiedenen Alkoholen, Ketonen, Aldehyden wurden angeblich ebenfalls Nährerfolge erzielt. Inwieweit Formaldehyd wirklich als Nährstoff dienen kann, müssen noch weitere Untersuchungen erweisen. Doch wird auch nach den letzten Untersuchungen von *Jacoby*[31]) Formaldehyd von grünen Pflanzen im Licht und Dunklen aufgenommen und die Trockensubstanz etwas vermehrt.

Ohne Rücksicht auf die ausgedehnten Erfahrungen an Pilzen und Bakterien lassen sich allgemeinere Schlüsse und Regeln über den Zusammenhang zwischen chemischer Konstitution und Nährwert der Kohlenstoffverbindungen nicht ableiten, und es kann hier auf diese interessanten Fragen nicht näher eingegangen werden. Im wesentlichen wird man das Richtige treffen, wenn man die Eignung und Notwendigkeit der Hexosen in den Vordergrund stellt und die Möglichkeit, eine Kohlenstoffverbindung physiologisch zu verwerten, in kausalen Zusammenhang bringt mit deren Eignung zur Zuckersynthese in der Zelle. Dies gilt auch wahrscheinlich graduell.

Die stickstoffhaltigen organischen Verbindungen entfalten so wie bei den Pilzen in der Regel ihre Maximalwirkung auf grüne Pflanzen nur im Verein mit einer passenden Kohlenstoffquelle, am besten Zucker. Sie kommen also hauptsächlich als N-Quelle in Betracht. Allerdings sind die Erfahrungen nicht ganz vollständig, und es wäre möglich, daß z. B. Glucosamin ebensogut allein wirkt wie im Verein mit Zucker.

Die meisten Erfahrungen erstrecken sich auf jene N-Verbindungen, die als Eiweißspaltungsprodukte in so großer Zahl zu erhalten sind. Asparagin, Alanin, Glykokoll, Leucin wurden einstimmig als tauglich befunden[32]). Hinsichtlich Tyrosin hatte *Schreiner*[33]) Mißerfolge, *Lutz* und *Petrow*[34]) hingegen günstige Nähreffekte. Während Glykokoll gut wirkt, ist das Methylderivat desselben, das Sarkin, schon untauglich[35]). So gut wie die meisten dieser Aminosäuren wirken wenige andere Stoffe, vor allem die, welche leicht Ammoniak liefern, wie Harnstoff, den man als sehr gute N-Quelle für höhere Pflanzen kennt[36]). Biuret, sein Kondensationsprodukt, ist ungeeignet. Andere Ureide, wie Barbitursäure, sind gleichfalls brauchbar[37]). Verwendbar sind auch Kreatinin und Kreatin[38]). Nitrile werden nicht assimiliert[39]), desgleichen ist Guanidin meist ungünstig[40]). Nukleine und Nukleinbasen erwiesen sich als ver-

---

[21]) *Molliard*, Compt. rend. *CXXXXVII*, 685 (1908).

[22]) *Molliard*, Compt. rend. *CXXXXI*, 389; *CXXXXII*, 906 (1905). Rev. gener. Bot. *XIX*, 242 (1907).

[23]) *Lubimenko*, Compt. rend. *CXXXXIII*, 516 (1906).

[24]) *A. Meyer*, Bot. Ztg. 1886, S. 105. *Treboux*, Ber. dtsch. bot. Ges. *XXVII*, 428 und 507 (1909).

[25]) *Ravin*, Compt. rend. *CLIV*, 1100 (1912). Ann. Sci. Nat. Bot. (9), *XVIII*, 289 (1913).

[26]) *Bokorny*, Pflügers Arch. *CLXIII*, 27 (1915).

[27]) *Coppin*, Biochem. Journ. *VI*, 416 (1912).

[28]) *Kimpflin*, C. r. Soc. Biol. *LXVI*, 176 (1909).

[29]) *F. Kryz*, Ztschr. f. Pflanz.-Krankh. *XXIII*, 34 (1914).

[30]) *Bokorny*, Centr. Bakter. II, Bd. *XXX*, 53 (1911). Biochem. Ztschr. LXXI, 321 (1915). Biol. Centr. *XXXVI*, 385 (1916). Centr. Bakter. *XXXXVII*, 191, 301 (1917). Biochem. Ztschr. *XCIV*, 78 (1919).

[31]) *M. Jacoby*, Biochem. Ztschr. *CI*, 1 (1919).

[32]) Vgl. z. B. *Schreiner, Reed* und *Skinner*, U. S. Dept. Agr. Publ. 1907. Lefèvre, Compt. rend. *CXXXXI*, 211, 664, 834 (1905); eb. 1035, *CXXXXII*, 287 (1906). *Schreiner* und *Skinner*, U. S. Dept. Agr. 1912, Bull. Nr. 87. *Skinner* und *Beattle*, Bull. Torrey Bot. Club *XXXIX*, 429 (1912).

[33]) *Schreiner*, l. c. 1907.

[34]) *Lutz*, Bull. Soc. Bot. *LII*, 95, 194 (1905). *Petrow*, Ann. Inst. Agron. Moskau *XIX*, 163 (1913).

[35]) *Schreiner* und *Skinner*, Bot. Gaz. *LIX*, 445 (1915).

[36]) Vgl. *Bokorny*, Pflügers Arch. *CLXXII*, 466 (1918). *Mitscherlich*, Journ. f. Landwirtsch. *LVI*, 187 (1918).

[37]) *Hutchinson* und *Miller*, Centr. f. Bakter. *XXX*, 513 (1911).

[38]) *Skinner*, Botan. Gaz. *LIV*, 152 (1912).

[39]) *Lutz*, l. c.

[40]) *Schreiner* und *Skinner*, Bull. Torrey Bot. Club *XXXIX*, 535 (1912).

wertbar[41]). Pyridin und Piperidin waren unwirksam[42]). Über die Alkylamine weichen die Angaben voneinander ab[43]). Der Zusammenhang zwischen chemischer Konstitution und Nährwert der Stickstoffverbindungen ist heute noch kontrovers. Auch hier ließen sich bei den Pilzen die reichhaltigsten Erfahrungen sammeln, auf die wir im einzelnen hier nicht eingehen können. Hauptsächlich stehen sich die Meinungen gegenüber, daß der Konstitution der Aminosäuren eine besondere Bedeutung hinsichtlich der Nährtauglichkeit zukommt, und andererseits, daß alle Vorgänge bei der N-Gewinnung aus organischen Stoffen auf Gewinnung von Ammoniak hinauslaufen, aus dem weiter die Eiweißsynthese bewerkstelligt wird. Gewiß ist das eine, daß die Synthese der Aminosäuren der Eiweißsynthese vorausgehen muß, und die erwähnten Fragen beziehen sich nur darauf, ob fertig dargereichte Aminosäuren einen gewissen Vorsprung in der N-Assimilation bedeuten, oder ob auch diese erst unter Abspaltung von Ammoniak zerfallen müssen, bevor die ersten Zwischenstufen zur Eiweißsynthese formiert werden können.

Wenig Sicheres ist hinsichtlich anderer Elemente bekannt, inwieweit ihre organische Bindung in der Nahrung einen Vorteil für die Assimilation bedingt. Daß die Darbietung von Phosphorsäure, Schwefelsäure sowie von Kali, Kalk, Magnesia und Eisen in anorganischer Form ausreicht, ist aus den Ergebnissen der Wasserkulturmethode genügend sicher bekannt. Von organischen Phosphorverbindungen sind Glycerophosphorsäure, Nukleinsäure und Phytinsäure leicht ausnutzbar; sie spalten aber so leicht auf fermentativem Wege Phosphorsäure ab, daß alsbald nach ihrer Einverleibung anorganisches Phosphat entstehen muß. Schwefel ist nicht nur als Sulfat, sondern auch in mannigfacher organischer Form aufnehmbar.

Von Interesse ist schließlich der Dispersitätsgrad für die Aufnahme organischer Stoffe. Wir dürfen im allgemeinen wohl erwarten, daß kolloide Lösungen schwerer eindringen als echte molekulardisperse Lösungen. In der Literatur werden Fälle erwähnt, in denen durch Pflanzenwurzeln Pepton, ja sogar Pferdeserum[44]) aufnehmbar war. Doch kann es sich höchstens um Aufnahme kleiner Mengen handeln. Lösliche Stärke soll gleichfalls von Wurzeln aufnehmbar sein. Doch sind kritische Untersuchungen über die Aufnahme von Kolloiden durch Wurzeln noch dringend nötig.

Wenige Erfahrungen beziehen sich auf den Zusammenhang zwischen chemischer Konfiguration und relativer Nährtauglichkeit optischaktiver Raumisomerer. Man darf wohl hier auf ähnliche Differenzen gefaßt sein, wie sie sich bei Pilzen und Bakterien ergeben haben, weil das Plasma allgemein asymmetrische Synthesen vollzieht.

Es besteht noch die Frage, ob die Wurzeln über Mittel verfügen, fermentativ spaltbare Substanzen im Substrat anzugreifen. Es ist noch ungeklärt, ob die in den Wurzelhaaren und an der Wurzeloberfläche vorkommenden Fermente, wie Invertin, Diastase, Oxydasen, aus unverletzten Wurzelzellen austreten, oder ob kleinste Verletzungen bei einschlägigen Befunden eine Fermentsekretion vorgetäuscht haben.

Einen kurzen Hinweis verlangt auch die Frage der Pilzwurzeln oder Mykorrhizen. Bei der ausschließlich an der Wurzeloberfläche und interzellular in der äußersten Zellage verbreiteten „ektotrophen" Mykorrhiza handelt es sich wahrscheinlich nur um Aufnahme von Wasser und der darin gelösten Stoffe in Vertretung der bei solchen Wurzeln fehlenden Wurzelhaare. Anders ist es bei der „endotrophen" Mykorrhiza, wo die Pilzverdauung in den Zellen der Wurzel sicher zur Aufnahme organischer Stoffe führt, nicht nur zur Gewinnung von Stickstoff und Mineralstoffen, sondern auch von Kohlenstoffverbindungen. Dies lehren uns die holosaprophytisch lebenden chlorophyllfreien oder äußerst chlorophyllarmen Phanerogamen wie Neottia oder Monotropa.

Im Ackerboden müssen die höheren Pflanzen, wenn sie organische Stoffe aufnehmen, mit den zahlreichen Elementen der Mikroflora und Mikrofauna des Bodens in Konkurrenz treten, und wir stehen vor der Frage, wie dieser Wettstreit biologisch zu bewerten ist. Dazu fehlen uns aber noch vergleichende Versuche mit unbewachsenen und bewachsenen Böden unter Bestimmung der restierenden Mengen freier organischer Verbindungen. Vielleicht laufen die Mikrobien den höheren Pflanzen den Rang ab und beteiligen sich so stark an der Aufzehrung dieser Stoffe, daß die Wurzeln verschwindend wenig davon erhalten. Aber wenn den Wurzeln auch nur wenig zukommen sollte, so fördert dieser Konsum doch dauernd den Zersetzungsprozeß im Boden, und es ist vorauszusehen, daß der Pflanzenwuchs dadurch eine gewisse Bedeutung für die Zersetzung im Boden erlangen muß, selbst wenn die praktische Bedeutung der Bodennährstoffe hinsichtlich der Kohlenstoffversorgung der höheren Pflanzen zu vernachlässigen sein sollte.

Dazu treten noch eine Reihe wenig bekannter indirekter Wirkungen des Pflanzenwuchses auf den Boden. Durch die dem Boden einverleibten Organe, welche daselbst dauernd Gewebebestandteile abstoßen und schließlich im Boden zugrundegehen, liefern die höheren Pflanzen den Bodenmikrobien reiche Nahrung und fördern deren Wachstum und Vermehrung. Das Endergebnis ist die Vermehrung der assimilablen organischen

[41]) Dieselben, Plant World *XVI*, 45 (1913).
[42]) *Ciamician* und *Ravenna*, Archiv di Fisiol. *IX*, 504 (1911).
[43]) *Molliard*, Compt. rend. *CXXXXIX*, 685 (1909). *Lutz*, l. c.
[44]) Vgl. *Roudsky*, C. r. Soc. Biol. *LXXV*, 276 (1913). Über Kolloidaufnahme *Mazé*, Compt. rend. *CLII*, 783 (1911).

Substanz. Die Mikrobien ihrerseits arbeiten in demselben Sinn. Dazu kommt die physikalische Wirkung des Pflanzenwachstums auf den Boden, die Förderung des Zutrittes von Luft und Wasser, endlich die wenig gekannten Säurewirkungen der lebenden Wurzelzellen. Alles das müßte erst quantitativ genauer dargelegt werden, ehe ein Urteil über die Bedeutung aller dieser Vorgänge auf die Assimilation der organischen Bodensubstanz durch die höheren Pflanzen gewonnen werden kann. Es ist aber nicht unverständlich, wie so im bewachsenen Boden schließlich Verhältnisse zustandekommen, welche dem unbewachsenen, wenn auch nährstoffreichen Boden fehlen, und die Ackerkrume eine unerreichte Qualität als Wurzelsubstrat gewinnt. Inwieweit aber mit allem die organische Nahrungsaufnahme der Wurzeln direkt aus dem Boden beteiligt ist, kann man erst sagen, wenn alle in Betracht kommenden Verhältnisse zahlenmäßig festgestellt sein werden.

Besprechungen.

Fischer, Emil, Untersuchungen über Depside und Gerbstoffe. Berlin, Julius Springer, 1919. VI, 541 S. Preis M. 36,— + 10 % Teuerungszuschlag.

Das vorliegende Werk, von *Emil Fischer* unmittelbar vor seinem Tode abgeschlossen, enthält die Zusammenstellung seiner sämtlichen Experimental-Untersuchungen über Gerbstoffe und die damit im Zusammenhang stehenden Phenolabkömmlinge. Als Einleitung sind zwei zusammenfassende Abhandlungen wiedergegeben, die wie alle übrigen in dem Zeitraume von 1908 bis 1919 in den chemischen Zeitschriften veröffentlicht worden sind.

Das Werk ist das vierte seiner Art von *Emil Fischers* Hand. Es folgt den ähnlichen Zusammenstellungen seiner Arbeiten über die Harnsäure und ihre Verwandten, über Zuckerarten und Eiweißstoffe.

Das Buch enthält die auf breitester Grundlage aufgebauten Versuche zur Darstellung von Esteranhydriten der Phenolkarbonsäuren (Depsiden), die in der Synthese der gerbstoffartigen, kristallisierten m-Galloyl-Gallussäure (m-Digallussäure) gipfeln, deren Reindarstellung nach dreimaligem Anlaufe gelingt. Ihre Verschiedenheit vom Galläpfeltannin widerlegt die alte Digallussäure-Hypothese des Tannins, die der Leitgedanke des ersten Teils dieser Arbeiten war.

Im zweiten Teile wird das Galläpfeltannin einer kurzen analytischen Untersuchung unterworfen und als eine esterartige Verbindung der Glukose mit der Gallussäure erkannt. Diese Feststellung gibt sogleich die Anregung zu neuen Synthesen, bei denen weitausgreifend die an den Depsiden und früher an den Zuckern gewonnenen Erfahrungen verwendet werden. Die amorphen Penta-galloyl-glukosen und Penta-digalloyl-glukosen, in der Konstitution durch den Aufbau klargestellt, dienen als Vergleichsobjekte mit den natürlichen, gleichfalls amorphen Galläpfeltanninen. Die Ähnlichkeit ist außerordentlich, aber trotzdem ist an eine Identifizierung wegen der amorphen Beschaffenheit nicht zu denken.

Soweit über den Inhalt der einzelnen Abhandlungen, der dem engeren Fachkreise schon vor ihrem erneuten Abdruck in diesem Buche aus den Zeitschriften bekannt war.

Die Zusammenstellung dieser Untersuchungen wird dem Chemiker, der das gleiche Gebiet bearbeitet, eine Erleichterung bedeuten; manchem Botaniker und Gerbereitechniker werden sie in dieser Fassung erst zugänglich werden. Aber die Bedeutung des Werkes geht weit darüber hinaus, sie ist vor allem erzieherischer und geschichtlicher Art.

Es ist eine Binsenwahrheit, daß nicht die Lehrbücher, sondern die Originalabhandlungen der großen Experimentatoren die beste Lektüre des Lernenden sind. Aber welcher junge Doktor der Chemie kann sich heute planmäßig mit dem unvergänglichen Experiment *A. W. Hofmanns* befassen, dessen zerstreute Abhandlungen leider nie gesammelt worden sind? Wer wälzt alte Bände, um zu lesen, was und wie *Bunsen* gearbeitet hat, von Älteren zu schweigen? Wie anders wirken auf den jungen Chemiker *Adolf Baeyer* und *Emil Fischer*, an deren gesammelten Werken kein Strebender vorbeigeht! Wie lehrreich ist heute noch die Lektüre des kleinen Bandes, der die gesammelten, 1786 abgeschlossenen Werke *Carl Wilhelm Scheeles* enthält[1]), jenes Forschers, den *Emil Fischer* von allen Experimentatoren der Chemie am höchsten gewertet hat.

In Buchform handlich zusammengefaßt, werden diese Arbeiten aus *Emil Fischers* letzter Schaffenszeit zu einem wertvollen Bestandteil der chemischen Lehrliteratur. Der Lernende kann im besonderen zweierlei dem Werke entnehmen: wie das Experiment planmäßig verfeinert und wie es beschrieben werden soll.

Solange die einfachen Kohlenstoffverbindungen noch zu erforschen waren, bestand das Experiment im allgemeinen aus einfacheren und energischeren Eingriffen, als sie gegenüber den heute zu bearbeitenden komplizierteren Stoffen angebracht sind. Da wir uns auf die Erfahrungen der Älteren stützen, lassen wir uns leicht dazu verführen, allzu „brutale" Verfahren anzuwenden, wie *Emil Fischer* sich ausdrückte, wenn er die kritiklose, nicht mehr zeitgemäße Anwendung irgend einer überkommenen, allzu tiefgreifenden Manipulation kennzeichnen wollte. Die Bemühung, stets mit den gelindesten Mitteln auszukommen, ist für sein späteres Experiment kennzeichnend. Um nur ein Beispiel herauszugreifen: für die Destillation und Entwässerung ist ihm die Anwendung des verminderten Drucks zur Regel geworden; wenn die gleichen Operationen unter Atmosphärendruck vorgenommen werden, so liegt ein besonderer Grund dafür vor, oder die Zulässigkeit wird eigens festgestellt. Im vorliegenden Werke findet sich diese Vorliebe zur gelinden Einwirkung am höchsten entwickelt; man lese die mit *Max Bergmann* ausgeführten Versuche zur Freilegung der Pentadigalloylglukosen aus ihren Azetylverbindungen. Kaum ist eine Verfeinerung des bisherigen Verfahrens gefunden, so wird nach neuen Mitteln Umschau gehalten, den Vorgang noch schonender zu gestalten. Wer Naturstoffe bearbeitet, kann viel daraus lernen.

Wie das Experiment selbst, so war auch dessen Beschreibung einstens einfacher als heute. Damals genügten oft kurze Angaben, um einen Versuch so zu beschreiben, daß er sofort reproduzierbar war. Heute ist dies gewöhnlich nur zu erreichen, wenn alle Einzelheiten der Versuchsanordnung auf das genaueste wiedergegeben werden. Aber diese Grundregel, die Notwendigkeit der ausführlichen Beschreibung des mo-

[1]) Berlin, 1793; Neudruck Berlin 1891, bei Mayer und Müller.

dernen Versuchs, ist keineswegs allgemein anerkannt; gibt es doch Autoren, die dem Wechsel der Zeiten nicht Rechnung tragen, und deren Angaben infolgedessen an Geheimniskrämerei erinnern. *Emil Fischer* schildert jeden Versuch so, daß ein einigermaßen ausgebildeter Chemiker ihn ohne Vorversuche vom Papier weg nacharbeiten kann. Mit strengster Konsequenz hat er die peinlichste Genauigkeit in der Versuchsbeschreibung gefordert und durch unzählige Beispiele gelehrt. Er verfocht bis an sein Lebensende diese Grundregel aufrichtiger Wissenschaft, indem er ihr in vorbildlicher Weise treu blieb als ein Vorkämpfer wissenschaftlicher Disziplin. Das lehrt jeder Blick in das vorliegende Buch.

Für die Geschichte der Chemie hat das Werk bleibende Bedeutung als ein Dokument der großartigen synthetischen Methode *Emil Fischers*. Der Chemiker, der kristallisierte, also wohlcharakterisierte Naturstoffe bearbeitet, gleicht dem Wanderer im Gebirge. Er hat sein Ziel vor Augen, er sucht den gangbaren, oft mühsamen Weg zum Aufstiege; sollte auch das Letzte, die Besteigung des Gipfels, die Synthese des Naturstoffs, mißlingen, so kann der Felsengrat doch von unten anvisiert werden. *Emil Fischer* wußte in diesem Gebirge zu wandern wie wenige. Doch in der späteren Schaffenszeit hat er sich dem Tieflande chemischer Forschung, den amorphen Naturstoffen zugewendet, unermeßlichen Gebieten, wo zwischen Moor und Wäldern kein Hügel Ausblick bietet. Da hat er mit Scharen rüstiger Gesellen Lichtungen geschlagen und, da die festen Haltepunkte, die kristallisierten Stoffe, fehlten, bald hier, bald dort als ein Meister der Synthese Kunstbauten errichtet, die Rundblick gewährten und bei der Vermessung des neu erschlossenen Landes als Festpunkte dienten.

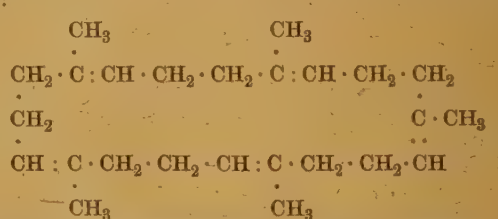
Man hört sagen, daß *Emil Fischer* im Gebiete der Eiweiß- und Gerbstoffe keine restlosen Erfolge beschieden waren, wie einstens bei der Bearbeitung der Zucker. Gewiß; aber konnte es anders sein? Es gibt auf diesen Gebieten keinen Stoff wie die Glukose, deren Abbau und Synthese trotz ungewöhnlicher Schwierigkeiten immerhin durch die eindeutige Fragestellung erleichtert war. Bei den Eiweiß- und Gerbstoffen war es unmöglich, die Aufgabe zu präzisieren — darin liegt das Neuartige, gerade deshalb hat er sie gewählt. Daher denn die Lösung allgemeiner, weniger plastisch ausfallen mußte. Daß *Emil Fischer* einen Weg zur Bearbeitung solcher Naturstoffe gewiesen, daß er ihn eine Strecke weit begangen hat, werden spätere Zeiten zu den höchsten Leistungen der deutschen Chemie zählen.

Karl Freudenberg, Kiel.

Harries, Carl Dietrich, Untersuchungen über die natürlichen und künstlichen Kautschukarten. Berlin. Julius Springer, 1919. VIII, 252 S. und 9 Fig. Preis geh. M. 24,—, geb. M. 34,— + Teuerungszuschlag.

Das Buch stellt sich für den Kenner der Harriesschen Arbeiten dar als ein wesentlicher Teil der umfangreichen Untersuchungen des Verfassers über die Einwirkung des Ozons auf ungesättigte organische Verbindungen, aber nach den verschiedensten Richtungen hin erweitert und vertieft. Die Auffindung der Ozonide und ihrer zahlreichen Umwandlungsprodukte, die zu den glänzendsten Entdeckungen *Harries'* gehört, hat den Anstoß auch zur Aufklärung der Konstitution des Kautschuks gegeben, überall steht das Verfahren im Mittelpunkt seiner Untersuchungen, und der Kautschukchemiker der Praxis kann an diesen entscheidenden Abbaumethoden nicht mehr vorübergehen. Aber es liegt in der Natur der Sache, daß *Harries*, ganz gefesselt von der Bedeutung des Gegenstandes, auch alle andern Methoden der Kautschukprüfung in den Kreis seiner Forschungen gezogen, sie rein wissenschaftlich verbessert und ausgebaut hat und schließlich selbst mit vollem Erfolg an die künstliche Darstellung des Kautschuks herangetreten ist. So ist, wie er selbst sagt, beinahe eine Chemie der Kautschukarten entstanden, aber freilich nur eine systematische Zusammenfassung seiner eigenen, durch viele Jahre hindurch gesammelten Erfahrungen, die im Zusammenhange zu lesen für jeden Chemiker eine Freude ist. In zwei großen Abteilungen werden zunächst die natürlichen und die künstlich gewonnenen Kautschukarten behandelt, in einer dritten die Konstitution des Kautschuks und der Guttapercha, und in einer letzten kurzen werden Beiträge geliefert über die Entstehung und Form des Kautschuks in der Pflanze sowie die wissenschaftlichen Grundlagen zur Erkenntnis von künstlichen Kautschuken bei der technischen Kautschukanalyse erörtert.

Die erste Abteilung umfaßt neben den natürlichen Arten des Kautschuks und der Guttapercha alle wichtigen Umwandlungsprodukte, die Hydrohalogenide, die Nitrosite, die Vulcanisate, und vor allem die Abbauprodukte durch Ozon, ein Kapitel, das besonders reizvoll ist, da es die Grundlagen liefert für die in der 3. Abteilung behandelte Konstitutionsauffassung des Kautschuks. In dieser wird dargetan, wie im Laufe der Jahre sich die Auffassung hat modeln müssen, daß die Molekel des Kautschuks nicht das einfache Dimethyl-cyclo-octadien ist, sondern wahrscheinlich ein Pentamethylderivat eines 20-Kohlenstoffringes der Formel $C_{25}H_{40}$. Ein feiner Instinkt hat hier den Forscher von dem gewöhnlichen Kautschuk auf den sogenannten Isokautschuk geführt, dessen Ozonabbauprodukte wesentlich längere Ketten aufweisen (so ein Tetraketon $C_{15}H_{24}O_4$) als die beim gewöhnlichen Kautschuk so oft beobachteten Spaltungskörper Lävulinaldehyd und Lävulinsäure besitzen. Danach hat *Harries* dem Kautschuk mit allem Vorbehalt folgende Formel erteilt:



die die bisherigen Tatsachen alle erklärt, und aus der durch einfache Verschiebung der Doppelbindungen die eines Isokautschuks hervorgeht, dessen Formel nun die Möglichkeit bietet, solch hochmolekulare Abbauprodukte entstehen zu lassen und zu erklären.

Die zweite große Abteilung enthält dann in verschiedenen Kapiteln die Synthesen der Ausgangsmaterialien, des Isoprens, des Butadiens, des Dimethylbutadiens und des Piperylens, sowie die künstliche Darstellung der verschiedenen Kautschuke daraus, nach den eigenen Verfahren des Verfassers, wobei auch die in den *Elberfelder Farbenfabriken* von *Fritz Hofmann* ausgearbeitete Methode gestreift wird, die uns während des Krieges von so hohem Nutzen gewesen ist. Hier kommt natürlich nur die rein wissenschaftliche Bedeutung der künstlichen normalen wie abnormen Kautschuke zum Ausdruck, die durch die verschiedenen Polymerisationsverfahren erhalten werden können. In dem historischen Rückblick des Kapitels I wird auch

der nicht sehr erquicklichen Prioritätsstreitigkeiten gedacht, wobei sich der Autor so objektiv wie möglich mit seinen deutschen Gegnern auseinander zu setzen sucht, jedenfalls die Ansprüche der ausländischen russischen und englischen Forscher, besonders *Kondakows* und *Perkins*, auf das nur sehr bescheidene Maß zurückschraubt, das ihnen an der Entdeckung der künstlichen Darstellung des Kautschuks gebührt, wenn davon überhaupt die Rede sein kann. Es ist nach allem, was hier darüber im Zusammenhang bekanntgegeben wird, kein Zweifel, daß es sich auch hier wieder um eine Entdeckung ausschließlich deutscher Forscher handelt.

Schwer ist es zu sagen, was für Aussichten die künstliche Darstellung des Kautschuks für uns haben wird. Hat uns während des Krieges die Gewinnung des Dimethylbutadien-Kautschuks in Form von Ebonit für unsere Unterseeboote unschätzbare Dienste geleistet, so ließe sich wohl denken, wie es übrigens auch *Harries* in einem Schlußkapitel ausspricht, daß jeder einzelne künstliche, normale wie abnorme Kautschuk für einen ganz bestimmten praktischen Zweck zu verwenden wäre. Doch sind die Verwendungsmöglichkeiten für die abnormen Kautschuke bisher sehr gering und der praktische Wert entspricht kaum den Erwartungen, für die künstlichen normalen Kautschukarten aber wird die Verwertbarkeit immer von den Gestehungskosten und der Lage auf dem Weltmarkte abhängen.

R. Stoermer, Rostock.

Weinland, R., Einführung in die Chemie der Komplexverbindungen (Wernersche Koordinationslehre) in elementarer Darstellung. Stuttgart, Ferd. Enke, 1919, XIV, 441 S. und 39 Textabbildungen. Preis geb. M. 36,—.

Mit *Alfred Werner* ist der Wissenschaft vorzeitig ein künstlerisch gestaltender Geist entrissen, der fußend auf den experimentellen Errungenschaften seiner Zeit, mit kühner Intuition zunächst von beschränkteren Einzelgebieten ausgehend, eine Hypothese aufzustellen wagt, die in ihren Voraussagungen bestätigt, alsbald zur festbegründeten Theorie wird, um dann auf weite Gebiete angewandt, eine fast universelle Bedeutung zu erlangen.

Seit der Kekuleschen Benzoltheorie und der Le Bel-van't Hoffschen Lehre vom asymmetrischen Kohlenstoffatome hat keine Strukturlehre die Chemie derart befruchtet wie die Koordinationslehre. Mögen auch die ursprünglichen Anschauungen in manchen Punkten Erweiterungen, in anderen Einschränkungen erfahren; der Grundgedanke selbst: die Erweiterung unserer Anschauungen über die Valenz, die in der bisherigen Beschränkung die Einordnung einer fast unübersehbaren Anzahl chemischer Verbindungen in unsere Strukturbilder hinderten, zeigt erst den Beginn ihrer Wirkungen und wird sicherlich noch eine weitgehende Umgestaltung der Grundlehren hervorrufen. Die geniale Experimentierkunst *Werners* selbst, die nach vielen bedeutenden Erfolgen ihren größten Triumph in der Auffindung der optisch aktiven anorganischen Stoffe feierte, durch die die strukturelle Gleichwertigkeit der „Nebenvalenzen" mit den alten „Hauptvalenzen" einwandfrei erwiesen wurde, kann hierbei allerdings zum schweren Schaden der Wissenschaft nicht mehr mitwirken. Auch sein klassisches Werk „Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie", in dem er zuerst die Grundlagen seiner Lehre einem weiteren Leserkreise übermittelte und in dessen späteren Auflagen er die Erfolge der Theorie übersichtlich wiedergab, wird von fremder Hand kaum in demselben Sinne weiter geführt werden können.

Somit erfüllt *Weinland*, der, selbst einer der erfolgreichsten Forscher auf dem Gebiete der komplexen Verbindungen, die Grundlagen der Koordinationstheorie vielfach gestützt und erweitert hat, mit seinem Werke, in dem er eine möglichst vollständige Wiedergabe der Konstitutionsprobleme der anorganischen Verbindungen „höherer Ordnung" vom Standpunkte der Wernerschen Lehre aus anstrebt, eine zeitgemäße und pädagogisch wichtige Aufgabe. Zum Unterschiede von *Werners* eigenem Werke, das zur Einführung der neuen Lehre zunächst naturgemäß die Entwickelung derselben aus den älteren Anschauungen brachte, geht *Weinland* von der Koordinationslehre als gegeben aus und bringt in dem dadurch begründeten Systeme wohlgeordnet eine Übersicht über sämtliche Verbindungsklassen. Eine sehr gründliche Kenntnis der Literatur gestattet ihm hierbei wohl absolute Vollständigkeit zu erreichen; und die gewählte Anordnung der Verbindungsklassen nach der Zahl der „Verbindungskerne" und den „Koordinationszahlen" jedes Kernes gibt eine Übersicht von großer Klarheit, die sowohl dem Lernenden wie dem Forschenden vorzügliche Dienste leisten wird. Es ist ein großer Gewinn dieser Zusammenstellung, für zahlreiche scheinbar ganz heterogene, sehr verwickelte Verbindungsklassen eine Zusammengehörigkeit nachgewiesen zu haben, die ihrem chemischen Verhalten durchaus entspricht und manche gemeinsame Reaktionen in einem neuen Lichte erscheinen läßt. Dadurch werden der Forschung neue Anregungen zur Nachprüfung des schon Bekannten und zur Auffindung neuer Zusammenhänge gegeben, Anregungen, die ausschließlich aus der gegebenen objektiven Darstellung des Tatsachenmaterials erwachsen; denn *Weinland* beschränkt sich im wesentlichen auf diese und verzichtet im allgemeinen auf eine subjektive Kritik des experimentellen Materials und seiner theoretischen Grundlagen.

Vielleicht wäre es im Interesse des weiteren Ausbaues der Koordinationslehre zu begrüßen gewesen, wenn an manchen Stellen etwas kritischer die gegenwärtig bestehenden Grenzen ihrer Anwendbarkeit hervorgehoben wären. Man könnte, um hierfür nur *ein* Beispiel zu geben, ohne der Bedeutung der Wernerschen Theorie zu nahe zu treten, zugeben, daß die Interpretation der Zusammensetzung mancher Salzhydrate, wie der Vitriole, durch *Werner* selbst etwas gewaltsam erscheint, und daß für diese und viele andere Hydrate wohl eine Erweiterung der Theorie angebracht sein wird, deren Richtung uns wohl die Laueschen Röntgenphotogramme weisen können.

Die zur Erkennung und zum Nachweis komplexer Ionen verwendbaren physikalisch-chemischen Untersuchungsmethoden und ihre Ergebnisse sind teilweise, wie die Leitfähigkeitsbestimmungen, im Zusammenhang mit der Darstellung des Tatsachenmaterials, teilweise, wie die Untersuchungen über Wärmedissoziation, über die Atomstruktur der Kristalle, über den Zusammenhang zwischen Elektroaffinität und Komplexbildung, als Anhang gegeben. Dieser Teil hätte wohl einige Erweiterungen vertragen können: das optische Verhalten komplexer Verbindungen, die elektrischen Potentiale komplexer Ionen, die Löslichkeitsveränderungen bei der Komplexbildung u. a. m. sind sehr stiefmütterlich oder gar nicht behandelt und verdienen wenigstens für ein *Lehrbuch* dieses Gebietes unbedingte Berücksichtigung.

Hierbei ergibt sich die Frage, ob die angewandte rein deduktive Darstellungsmethode für ein *Lehrbuch* der Komplexverbindungen nicht praktischer durch eine Anordnung zu ersetzen wäre, bei der zuerst die allgemeinen chemischen und physikalischen Grundlagen und ihre Anwendungen behandelt werden, und dann erst das große Tatsachenmaterial gebracht würde. Am Schlusse könnten dann Ausblicke über die Zusammenhänge dieser Anschauungen mit den Grundproblemen der Chemie, mit dem Valenz- und dem Affinitätsproblem, gegeben werden, Ausblicke, auf die *Weinland* in bewußter, strenger Objektivität verzichtet hat. Die deduktive Darstellungsmethode, die die Begriffe erst allmählich aus dem ungeheuren Tatsachenmaterial entwickelt, wird, wie zu fürchten ist, für den Lernenden verwirrend oder zum mindesten sehr mühsam sein.

Dem Forscher bietet die Anordnung naturgemäß keine Schwierigkeit. Ihm wird das vorliegende Werk ein unentbehrlicher Berater bei weiteren Arbeiten sein und er wird dem Verfasser Bewunderung für seine umfassende Beherrschung des ungeheueren Materials und Dank für die erfolgreich geleistete mühevolle Arbeit zollen. *A. Rosenheim, Berlin.*

Zuschriften an die Herausgeber.

Zu dem Aufsatze „Die Physik als geometrische Notwendigkeit" von Arthur Haas (Naturwissenschaften 1920, Heft 3).

Ich möchte meine Bemerkungen nicht als eine Polemik gegen den Verfasser dieses Aufsatzes aufgefaßt wissen; vielmehr liegt mir daran, eine, meines Erachtens, objektive Gefahr zu beschwören, welche aus der ganzen geistigen Einstellung dieses Artikels entspringt. Denn diese könnte manchen, der den Anschauungen der allgemeinen Relativitätstheorie, die heute um ihre allgemeine Geltung ringen, näher kommen möchte, davon abschrecken.

Wer den Aufsatz des Herrn *Haas* liest, gewinnt leicht den Eindruck, als stellte die allgemeine Relativitätstheorie einen Versuch dar, die gesamte Physik aus einer Reihe von logischen Prinzipien bzw. geometrischen Axiomen abzuleiten; oder vielmehr als sei ihr dieser Versuch auf Grund gewisser rein geometrischer Gesichtspunkte gelungen, und die theoretische Physik sei jetzt gewissermaßen nur als ein Zweig einer mathematischen Disziplin, der Geometrie, erkannt.

Eine solche Einstellung muß nicht nur den abschrecken, der als naiver Naturforscher die Grenzen unserer Erfahrung kennt, sie wird auch meines Erachtens dem Grundwesen der allgemeinen Relativitätstheorie nicht gerecht. Dieses Grundwesen ist:

Die allgemeine Relativitätstheorie ist eine physikalische Theorie der Bewegungsvorgänge der Materie, welche sich auf die rein physikalische, durch die Erfahrung bestätigte, Hypothese stützt, daß die träge und die schwere Masse der Körper gleich sind. Daß aus dieser Hypothese die Äquivalenzhypothese der Einsteinschen Gravitationstheorie fließt und daß diese es uns ermöglicht, ein jedes Gravitationsfeld als ein *metrisches* Feld zu interpretieren, dies kann man nicht so formulieren „daß mit anderen Worten eine geometrische Notwendigkeit dafür besteht, daß die uns als Wirklichkeit gegebene Welt die Erscheinungen der Gravitation und der Elektrizität . . . . zeigt". Von einer *geometrischen Notwendigkeit* für das Auftreten physikalischer Vorgänge kann man, meines Dafürhaltens, nicht sprechen. Es kann nur ein fruchtbarer Standpunkt sein, gewisse physikalische Erscheinungen durch die Zusammenhangsverhältnisse der Mannigfaltigkeit zu bestimmen, in der sie sich nach unseren Beobachtungen abspielen.

Der Unterschied beider Auffassungen ist mehr als ein bloßer Unterschied der Ausdrucksform. Das erhellt daraus, daß bei der Darstellung des Herrn *Haas* der Gehalt an Hypothesen, der die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie voneinander unterscheidet, überhaupt nicht zutage tritt. Dies bedingt eine ganz irreführende Verlagerung der Schwerpunkte beider Theorien. So sagt der Verfasser: „Die Erkenntnis der Relativität der Zeit stellt eine theoretische Entdeckung von der allergrößten Tragweite dar. Ihren tieferen Sinn hat aber erst der Göttinger Mathematiker *Minkowski* (1908) erfaßt. Den durch das Relativitätspostulat ausgedrückten Zusammenhang zwischen den relativen räumlichen Koordinaten und der relativen Zeit kann man nämlich, wie *Minkowski* fand, auch dahin *geometrisch interpretieren*, daß sich die mit der imaginären Einheit und der Lichtgeschwindigkeit multiplizierte Zeit und die räumlichen Koordinaten untereinander ebenso verhalten *wie vier Koordinaten* in einer *vierdimensionalen Geometrie*." Und zur Erläuterung dessen später: „Das vorhin erwähnte Prinzip von *Minkowski* haben wir nun so zu verstehen: Die drei räumlichen Koordinaten und eine Größe, die man durch Multiplikation der Zeit mit der Lichtgeschwindigkeit und der imaginären Einheit erhält, *stellen ein vierdimensionales Koordinatensystem* dar, in dem Sinne, daß die Gleichungen der *Physik invariant* sind gegenüber beliebigen Transformationen eines derart gebildeten Koordinatensystems."

Abgesehen davon, daß der Schwerpunkt der speziellen Relativitätstheorie doch wohl in der *rein physikalischen* Erkenntnis beruht, daß ein Relativitätspostulat für gleichförmig gradlinig gegeneinander bewegte Bezugssysteme mit dem Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit wegen der Relativität der Zeitmessungen widerspruchslos vereint werden kann, scheint aus dem zweiten Satz hervorzugehen, daß die Minkowskischen Überlegungen schon das allgemeine Relativitätsprinzip enthalten hätten. *Minkowski* hat aber nur die Invarianz der Gleichungen der Physik gegenüber den Lorentz-Transformationen in einer besonders eleganten mathematischen Darstellung behandelt. Die Forderung einer „Invarianz der Gleichungen gegenüber beliebigen Transformationen", wie sie die allgemeine Relativitätstheorie aufstellt, ist mehr als eine formale Erweiterung der Minkowskischen Darstellung. Sie ist nur dann physikalisch fruchtbar und sinnvoll, wenn ihr die Formulierung der Äquivalenzhypothese vorausgeht, deren Zulässigkeit *Einstein* aus der Gleichheit von träger und schwerer Masse erschloß. Darum kann man auch unmöglich sagen: „Die Durchführung der Minkowskischen Ideen ließ aber nun erkennen, daß in der vierdimensionalen Physik an die Stelle der Masse eine an sich natürlich vom Koordinatensystem unabhängige sogenannte *Tensorgröße* mit *zehn Komponenten* tritt, nämlich eine Größe, die gewissermaßen vier Komponenten in bezug auf die vier Koordinatenachsen und überdies sechs Komponenten nach den sechs Koordinatenflächen besitzt, die es in einer vierdimensionalen Geometrie gibt. Daraus mußte gefolgert werden, daß in der relativistischen Physik auch das Gravitationspotential eine zehnkomponentige Größe sein muß."

Die Berechtigung, den Spannungs-Energie-Tensor der speziellen Relativitätstheorie in der Weise als felderregende Größe in die Differentialgleichungen für die Gravitationspotentiale einzuführen, wie das *Einstein* tut — an Stelle der Masse „*m*" der Poissonschen Differentialgleichung —, diese Berechtigung folgt wieder nur aus der Äquivalenzhypothese und der schon in der speziellen Relativitätstheorie von *Einstein* gewonnenen Erkenntnis der Trägheit der Energie. Ebensowenig konnte aus den Minkowskischen Ideen ohne die Äquivalenzhypothese die Einsteinsche Gravitationstheorie fließen, in der ein Tensor mit zehn Komponenten g das Gravitationsfeld bestimmt. Darum verschiebt es meines Dafürhaltens die ganze Sachlage, wenn man sagt: „*Einstein* brauchte nur die Erkenntnis *Riemanns*, die für eine beliebige geometrische Mannigfaltigkeit (von beliebiger Dimensionszahl) gilt, auf die Minkowskiwelt anzuwenden, um (1915) eine *Theorie* der *Gravitation auf rein geometrischer Grundlage* aufstellen zu können." *Einstein* hat die Riemannschen Entwicklungen bei der Schaffung seiner allgemeinen Relativitätstheorie nicht gekannt und brauchte sie auch nicht zu kennen, denn er ging in seinen Ansätzen von rein physikalischen, der Erfahrung unmittelbar abgelesenen, Annahmen aus, und mit diesen Hypothesen steht und fällt seine Gravitationstheorie.

Wie ich nochmals betonen möchte, entspringen diese Bemerkungen keinem polemischen Bedürfnis, sondern dem schmerzlichen Empfinden, daß die Anhänger der allgemeinen Relativitätstheorie, zu denen Herr *Haas* gehört, es dieser Theorie außerordentlich schwer machen, sich allgemeine Geltung zu verschaffen, wenn sie den mathematisch ästhetischen Gesichtspunkt in den Vordergrund rücken und darüber ganz vergessen, daß die allgemeine Relativitätstheorie sich nicht nur auf rein physikalische Hypothesen stützt, sondern gerade — was ihr gegenüber der klassischen Theorie *Newtons* einen Vorzug verleiht — durch ihren überaus engen Anschluß an die naive Erfahrung — Forderung der Gleichheit von träger und schwerer Masse, Prinzip der Relativität aller Bewegung — im höheren Maße den Bedingungen einer *physikalischen* Theorie gerecht wird, als die klassische Mechanik. Daß natürlich außerordentlich wichtige erkenntnistheoretische Probleme durch die allgemeine Relativitätstheorie wieder in den Vordergrund gerückt werden und daß die Frage der Grundlagen der Geometrie und der Physik und ihrer Beziehung zueinander ganz neues Licht erhalten hat, ist sicherlich eine ihrer interessantesten Ausstrahlungen. Aber gerade diese Seite der Forschung verlangt eine besonders reinliche Scheidung zwischen den physikalischen Hypothesen, den analytischen Darstellungsmöglichkeiten, und den erkenntnistheoretischen Problemen, die sich an die allgemeine Relativitätstheorie anschließen.

Berlin-Neubabelsberg, 29. Februar 1920.

Erwin Freundlich.

Berichte gelehrter Gesellschaften.

Schlesische Gesellschaft für vaterländische Kultur.

Zoologisch-botanische Sektion.

Sitzung vom 14. November 1918.

Prof. Dr. *F. Pax* hielt einen Vortrag über die **Entwicklungsgeschichte der Flora Rumäniens** auf Grund zahlreicher Reisen, die er vor und während des Krieges dorthin unternommen hatte. Er schilderte zunächst die regionale Gliederung des Landes in Donauniederung, Eichen-, Buchen-, Fichten-, subalpine und alpine Region. Fossile Funde fehlen aus Rumänien, aber die Tertiärflora Siebenbürgens und die Zusammensetzung der gegenwärtigen Pflanzendecke Rumäniens lehren, daß zahlreiche Endemismen vorliegen, die das relative Alter der Flora erweisen. Der Vortragende kommt zu dem Resultat, daß sich die Flora Rumäniens aus der Vegetation des Tertiärs ableitet, die sich in der Ebene und montanen Region erhalten hat, während die höheren Gebirgslagen eine Bereicherung an nordischen und alpinen Typen durch die Eiszeit erfuhren. Die Steppenelemente und Halophyten stellen die letzten Einwanderer dar. Diese Verhältnisse werden am Verlauf zahlreicher Vegetationslinien erläutert.

Naturwissenschaftliche Sektion.

Sitzung vom 3. Dezember 1918.

Über die Beugung des Lichtes an den Kohlenstoffteilchen leuchtender Flammen; von *Hermann Senftleben* und *Elisabeth Benedict*. Der Vortrag behandelte die Ergebnisse einer Arbeit, die das Ziel hatte, eine Diskrepanz, die sich bei der Untersuchung des optischen Verhaltens des Kohlenstoffs in massivem Zustande und in fein verteiltem Zustande, wie er in leuchtenden Flammen die lichtaussendenden Partikel bildet, gezeigt hatte, auf Grund der Auffassung aufzuklären, daß die Flamme ein trübes Medium sei. Beim Durchgang eines Lichtstrahls durch ein trübes Medium treten Beugungserscheinungen auf, die wesentlich durch die Größe und die substantielle Beschaffenheit der eingelagerten Teilchen bedingt sind. Bei einer kurzen Übersicht über die historische Entwicklung der theoretischen Behandlung der Beugung des Lichtes an mikroskopischen und submikroskopischen Teilchen wurde eingehender die Lösung behandelt, die dieses Problem durch *G. Mie* gefunden hat, und welche die theoretische Grundlage für die hier besprochene Arbeit bildet. *G. Mie* behandelte in allgemeinster Weise auf Grund der Maxwellschen Theorie das Problem der Beugung elektromagnetischer Wellen an kleinen, in ihrer Größenordnung mit der Wellenlänge vergleichbaren Kugeln beliebigen Materials, das durch seine optischen Konstanten bestimmt ist, deren Werte durch optische Messungen am massiven Material gewonnen sind. Grundlegend für die eingehende Verfolgung der oben genannten Auffassung ist die Tatsache, daß es möglich ist, bei sehr intensiver Bestrahlung einer leuchtenden Flamme das von den in ihr enthaltenen Kohlenstoffteilchen abgebeugte Licht sichtbar zu machen, eine Erscheinung, die objektiv vorgeführt wurde, wobei sich auch auf einfache Weise die Polarisation des abgebeugten Lichtes zeigen ließ. Die Eigenschaften dieses abgebeugten Lichtes konnten meßbar verfolgt werden; die eingehenden experimentellen Untersuchungen erstreckten sich auf Absorptionsmessungen sowie auf Messungen der Intensität des abgebeugten Lichtes in Abhängigkeit von der Wellenlänge und Richtung (d. h. dem Winkel zwischen Beobachtungsrichtung und einfallendem Strahl) und auf Untersuchungen der Stärke der Polarisation in verschiedenen Richtungen. Ein Vergleich der Ergebnisse dieser Messungen mit den Resultaten, die auf Grund der oben genannten Theorie von *G. Mie* gewonnen waren, ergab eine überaus befriedigende Übereinstimmung, so daß *die Berechtigung, eine leuchtende Flamme als trübes Medium aufzufassen, erwiesen* und damit das optische Verhalten des massiven und fein verteilten Kohlenstoffs miteinander in Einklang gebracht ist. Aus den experimentellen und theoretischen Ergebnissen folgt ein Durchmesser der

Kohlenstoffteilchen von 175 μμ und für die Anzahl der Kohlenstoffteilchen pro Kubikzentimeter ein Wert von $6{,}5 \cdot 10^8$, woraus sich ein Wert der Dichte des Kohlenstoffs in der Flamme berechnen läßt, der mit einem von *A. Becker* auf gänzlich anderem Wege erhaltenen Werte in vorzüglicher Übereinstimmung steht.

Zoologisch-botanische Sektion.

Sitzung vom 13. Dezember 1918.

Prof. Dr. *Th. Schube* berichtete zunächst über **Ergebnisse der Durchforschung der schlesischen Gefäßpflanzenwelt** im Jahre 1918. Erwähnt seien von den zahlreichen neuen Standorten als neu für das Reichensteiner Bergland Lycopodium complanatum und Carex pulicaris, für Mittelschlesien neu Festuca vallesiaca aus dem Nimptscher und für Oberschlesien neu Lonicera Periclymenum aus dem Rosenberger Kreise. — Sodann besprach er die „Ergebnisse der phänologischen Beobachtungen in Schlesien im Jahre 1918", durch welche die 20jährige Beobachtungsreihe zum Abschlusse gebracht wurde. Endlich legt er vor, unter Vorweisung von Glasbildern der wichtigsten neu festgestellten „Naturdenkmäler", seine „Ergänzungen zum Waldbuche von Schlesien". Auf seinen diesjährigen Streifzügen, die sich auf 4500 km mittels Radfahrten und 1500 km auf Fußwanderungen erstreckten, wurden wieder sehr zahlreiche wichtige Objekte festgestellt, z. B. der größte Baum des Kreises Schweidnitz, eine Rieseneiche bei Konradswaldau, und der größte des Frankensteiner, eine herrliche Eiche aus der Nähe von Reichenstein, ferner eine majestätische Platane (Höhe 30 m, Umfang in Brusthöhe reichlich 7 m) bei Puditsch, Kr. Trebnitz, und zahlreiche biologisch beachtenswerte Stücke, u. a. mehrere „Galgenkiefern", „Schilderhauslinden" und eine epiphytische Birke (bei Liebenau, Kr. Münsterberg), die der „Wunderbirke" bei Kl.-Commerowe, Kr. Trebnitz, wohl dem stattlichsten „Überbaume" Deutschlands, nur wenig nachsteht.

Sitzung vom 13. Februar 1919.

Das Phytoplankton des Schlawasees; von *Bruno Schröder.* Der im Norden von Schlesien gelegene Schlawasee ist mit 1185 ha das größte Wasserbecken der Provinz. Sein Phytoplankton, das bis jetzt unbekannt war, ist sehr reichhaltig und interessant, setzt es sich doch aus 124 Formen zusammen. Im Mai 1918 trat Clathrocystis aeruginosa als monotone „Wasserblüte" auf, während im August 1917 Aphanizomenon, vier Anabaenaarten und Microcystis Flos-aquae eine sogenannte *polymikte* Wasserblüte bildeten. Der allgemeine Charakter des Phytoplanktons im Schlawasee war im August 1917 ein vorwiegend fädiger; von einzelligen Formen fanden sich nur Ceratium hirundinella und Synedra delicatissima häufig. Ersteres trat unter 5 Formentypen auf, dem Carinthiacum-, Furcoides-, Brachyceroides-, Silesiacum- und Austriacumtypus. Von den übrigen Peridinaceen wurden von *E. Lindemann* einige seltene und auch neue Formen aufgefunden, z. B. Peridinium munusculum und P. penardiforme, und unter den Bacillariaceen Stephanodiscus Astraea und Coscinodiscus lacustris. Reich ist die Chlorophyceenflora dieses Planktons an seltenen Arten; z. B. ließen sich Lauterborniella elegantissima, Staurogenia Lauterbornei, Scenedesmus arcuatus, Tetraedron limneticum, Oocystis Borgei und Pediastrum triangulum nachweisen. Auffallend ist das häufige Vorkommen von 13 Desmidiaceen, darunter 7 Arten von Staurastrum, das seinen Grund darin hat, weil Moorwasser aus Torfstichen in den See fließt. Die zierlichste Schizophycee dieses Planktons ist Coelosphaerium reticulatum. Im Sommer 1917 trat vorwiegend Phytoplankton mit 83 Arten auf, im Herbst Mischplankton mit 39 Algen, im Winter 1918 Zooplankton mit 33 Algen und im Frühjahr ebenfalls Mischplankton mit 46 Pflanzenarten. Es zeigte sich, daß die Schizophyceen sich zu allen Jahreszeiten im Plankton finden, namentlich im Frühling und im Sommer, die Bacillariaceen ebenfalls, besonders im Herbst und Winter. Chlorophyceen, Conjugaten und Phaeophyceen lieben den Sommer, letztere beiden fehlen im Winter. Eine nur im Winter auftretende Alge wurde nicht gefunden. Von den 124 im Schlawasee festgestellten Formen sind 17 Arten perennierend, d. h. das ganze Jahr im Plankton anzutreffen, alle anderen treten nur periodisch auf. In ökologisch-sapropelischer Hinsicht erwies sich der See als oligosaprob mit schwacher Hinneigung zur mesosaproben Seite; außerdem ist er ein Chroococcaceensee, in dem die Schizophyceen vorwiegen. Bei verschiedenen limnetischen Bacillariaceen wurden Temporalvariationen nachgewiesen, bei Dinobryon und Ceratium hirundinella fehlen diese. Genaueres darüber in den Berichten der Deutschen Bot. Gesellschaft Bd. 35 und 36, Berlin 1917 und 1918.

Zur Kenntnis der schlesischen Wildrosen; von *Emil Schalow.* Der Vortragende beschäftigt sich zunächst — im Anschluß an die von *Hasse* zusammengestellten Bestimmungstabellen schlesischer Rosen — mit Rosa tomentosa Sm. *Hasse* hat von der Rosa tomentosa die Formen mit aufgerichteten, bleibenden Kelchblättern und wolligen Griffelköpfchen getrennt und zu seiner R. villosa (L.) Sm. vereinigt, die mit der neuerdings aufgestellten ssp. scabriuscula (*H. Braun*) Schwertschlager übereinstimmt. Die unter diesen Namen zusammengefaßten Rosen stehen in naher verwandtschaftlicher Beziehung zur Rosa omissa Déségl. Rosa tomentosa müßte demnach folgende Gliederung erfahren: 1. ssp. eu-tomentosa Schalow, 2. ssp. scabriuscula (*H. Braun*) Schwertschlager, 3. ssp. omissa (Déségl.) Schalow. Es wird sich vielleicht empfehlen, die beiden letzten Unterarten mit Rosa pomifera Herrm. und R. mollis Sm. enger zu verbinden Ssp. eu-tomentosa Schalow würde dann größere Selbständigkeit erlangen.

Sodann kommt der Vortragende auf die Rückbildungen gewisser Rosenarten in der postglazialen Zeit zu sprechen. Das Produkt dieses Umprägungsprozesses sind die neuerdings aufgestellten Subspezies, z. B. R. subcanina Hayeck, R. subcollina Hayeck, R. inodora (Fries) Schwertschlager u. a.

Sitzung vom 27. März 1919.

Prof. Dr. *Hubert Winkler* spricht über **Die Urticaceen von Neuguinea und die pflanzengeographische Stellung der Insel.** Vortragender weist unter Vorlegung der Pflanzen auf den Reichtum an Formen hin, der durch die neuere Erforschung von Neuguinea der Wissenschaft bekannt geworden ist. Wie in anderen Familien, so hat sich auch bei den Urticaceen ein starker Endemismus herausgestellt. Zum Schluß wurden die floristischen Beziehungen der Insel zu dem asiatischen, australischen und pazifischen Nachbargebiet kurz besprochen.

Sitzung vom 4. Dezember 1919.

Prof. Dr. *Th. Schube* sprach über **Nachträge zum Waldbuch von Schlesien.** Trotz der Ungunst der Verhältnisse hatte er auch in diesem Jahre in allen Landesteilen, besonders in Mittelschlesien, ausgedehnte Wanderungen zur Feststellung bisher unbekannt gebliebener Naturschutzobjekte aus der Gehölzwelt ausgeführt und zahlreiche ästhetisch und biologisch wertvolle Bäume feststellen können, z. T. selbst in bereits daraufhin eingehend durchforschten Gegenden; er belegte dies durch Vorführung der zugehörigen Stücke aus seiner jetzt gegen 1850 Nummern zählenden Glasbildersammlung schlesischer „Naturdenkmäler". Es befanden sich darunter sogar aus der Umgebung von Breslau einige Glanzstücke, u. a. zwei prächtige Fichten von Zweibrot und Obernigk. Auch außergewöhnlich gewichtige Findlingsteine wurden festgestellt, darunter gleichfalls aus unmittelbarer Nähe von Breslau ein Granitblock von nahezu 8 cbm Inhalt.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner,* Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 13. (Seite 237—260) **26. März 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Über die zwingende und eindeutige Bestimmtheit des physikalischen Weltbildes. Von *J. von Kries*, *Freiburg i. Br.* S. 237.

Die Erkrankungen durch Kampfgase. Von *W. Heubner, Göttingen.* S. 247.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten: Schiffsgeschwindigkeitsmesser (Mit 3 Abbildungen). Die Nauennummer der Telefunken-Zeitung. Die Frage nach der Hydratnatur der Zeolithe (Mit 1 Abbildung). Die künftige Erz- und Kohlenversorgung Deutschlands. S. 256—260.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Das Wesen des Lichts

Vortrag, gehalten in der Hauptversammlung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft

am 28. Oktober 1919

von

Max Planck

Preis M. 1.60

(und Teuerungszuschlag)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 12.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.20.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser, Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Soeben ist erschienen:
LITTROWS Atlas des gestirnten Himmels
Für Freunde der Astronomie. Taschenausgabe.
Einleitung von Prof. Dr. J. Plassmann
Gebunden M. 6.— (181)
Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin SW 68

Mineralien, Gesteine, Petrefakten,
Einzelstücke und Sammlungen,
alle naturwissenschaftlichen Lehrmittel
Dr. Paul Michaëlis
Sächs. Mineralien- u. Lehrmittelhandlung
Dresden-Blasewitz 2, Schubertstraße 8
Liste 1919 über Mineralien, Gesteine u. Petrefakten kostenlos.

Ferienkurse in Jena vom 4.-17. August 1920

Naturwissenschaftliche Kurse:

1. Naturphilosophie und Weltanschauung, Prof. Dr. Detmer;
2. Biologie im botanischen Schulunterricht, Prof. Detmer;
3. Anleitung zu botanisch-mikroskopischen Untersuchungen, Prof. Miehe und Dr. Gerhardt;
4. Bau und Leben der Bakterien, Dr. Gerhardt;
5. Allgemeine Zoologie und Darwinismus, Prof. Franz;
6. Zoologisch-mikroskopische Übungen, Prof. Franz;
7. Zoologie, Prof. Plate;
8. Grundzüge der Chemie mit Ausblicken auf das Wesen der Materie, Prof. Immendorf;
9. Allgemeine Geologie, Prof. v. Seidlitz;
10. Übungen im Bestimmen der Mineralien und Gesteine, Dr. Spangenberg;
11. Populäre Astronomie, Prof. Knopf;
12. Bau und Tätigkeit des Gehirns, Prof. Noll;
13. Unsere Sinnesfunktionen, Prof. Noll;
14. Physiologische Psychologie, Prof. Berger.

Außerdem finden noch statt:

Kurse für Dozenten der Volkshochschulen, philosophische Kurse, religionswissenschaftliche Kurse, pädagogische Kurse, nationalökonomische Kurse, geschichtliche und literarische Kurse. — Anmeldungen (möglichst bis zum 1. Juli) nimmt entgegen, nähere Auskunft erteilt und Programm versendet das

Sekretariat der Ferienkurse: Frl. Blomeyer in Jena, Forstweg 22.

Durch die fortgesetzte ausserordentliche Steigerung der Herstellungskosten sieht sich der Verlag gezwungen, den Preis der „Naturwissenschaften" vom 1. April 1920 ab auf Mk. 18.— für das Quartal zu erhöhen.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 26. März 1920. Heft 13.

Über die zwingende und eindeutige Bestimmtheit des physikalischen Weltbildes.

Von J. v. Kries, Freiburg i. Br.

Betrachtet man in allgemeiner Weise die Fülle von Einsichten und Problemen, die mit dem Relativitätsprinzip zusammenhängen, so lassen sich zwei verschiedene Seiten dieses großen Gedankenkomplexes unterscheiden, von denen die eine als die *empirisch-physikalische,* die andere als die *theoretisch-logische* bezeichnet werden darf. Das Relativitätsprinzip behauptet ja, daß alle beobachtbaren physikalischen Erscheinungen, insbesondere auch solche, in die Strahlungsvorgänge eingehen, von dem Bewegungszustand des Beobachters selbst und der in die Beobachtung (als Meßinstrumente usw.) einbezogenen ponderabeln Körper unabhängig sind, also für zwei Beobachter, die (samt ihrer Umgebung an ponderabeln Körpern) gegeneinander bewegt sind, genau übereinstimmend ausfallen; etwas anders ausgedrückt, daß die Bewegung eines Beobachters oder überhaupt einer Gruppe ponderabler Körper gegenüber den Strahlungsvorgängen unerkennbar ist. Der Inhalt dieses Satzes hat in methodischer Hinsicht große Ähnlichkeit mit dem der beiden Energieprinzipien. In allen Fällen handelt es sich um Sätze allgemeinster Art, die, wenn sie zutreffen, sich aus den Naturgesetzen spezielleren Inhalts ergeben müssen, und durch deren Aufstellung wir diesen gewissermaßen vorgreifen. So erhebt sich denn überall die Frage: wie müssen diese im engeren Sinne so zu nennenden Naturgesetze gestaltet sein, damit jene allgemeinen Prinzipien Gültigkeit besitzen? — Speziell beim Relativitätsprinzip hat sich gezeigt, daß eine Menge der früher für genau zutreffend gehaltenen Gesetzmäßigkeiten gewisse (wenn auch äußerst geringfügige) Modifikationen erfahren müssen. Die Masse des ponderablen Körpers kann nicht genau konstant, sondern muß in gewissem Maße vom Bewegungszustande abhängig sein; der Weg des Lichtstrahls im leeren Raum kann nicht überall streng geradlinig sein, sondern muß im Gravitationsfeld eine Abbiegung erfahren usw. Die Entwicklung und Prüfung aller dieser Folgerungen beschäftigt gegenwärtig, wie bekannt, die theoretischen und die experimentierenden Physiker in ausgiebigster Weise. Und einstweilen scheint es ja, daß die zu erwartenden Folgerungen sich überall bestätigen und damit die tatsächliche Geltung des Prinzips immer mehr dem Zweifel entrückt wird. Diese ganze Seite des Relativitätsprinzips soll die empirisch-physikalische genannt werden. Sie besitzt in methodischer Hinsicht etwas Eigenartiges, auch insofern, als mit einer sehr weitgehenden Antizipation ein Satz von allgemeinstem Sinne ausgesprochen wird, dessen erkennbare Bedeutungen größerenteils erst hinterher entwickelt und geprüft werden müssen. Demgemäß ist denn auch das Eigenartige des genialen, der Erfahrung vorauseilenden Blickes in der Aufstellung des Relativitätsprinzips vielleicht ausgesprochener, charakteristischer als bei der Aufstellung irgend eines andern Naturgesetzes (das Energieprinzip nicht ausgenommen) erkennbar. Dagegen bietet der Satz, so wie er zunächst aufgestellt und im Anschluß an hergebrachte Auffassungen formuliert werden kann, in theoretisch-logischer Hinsicht nichts besonders Auffallendes und kein Problem. Ein solches besteht dagegen für eine Reihe weiterer Erwägungen, die sich an das Relativitätsprinzip geknüpft haben. Man hat in ihm eine Umstürzung der bisher anerkannten allgemeinen Anschauungen über Raum und Zeit gefunden. Und diese Erwägungen haben schließlich ihre prägnanteste Formulierung in dem bekannten Ausspruch *Minkowskis* gefunden: „Von Stund an sollen Raum für sich und Zeit für sich völlig zu Schatten herabsinken und nur noch eine Art Union von beiden soll Selbständigkeit bewahren".

Wollen wir die hier maßgebenden Grundgedanken kurz zusammenfassen, so wird das etwa folgendermaßen geschehen können. Drücken wir das Verhalten der Wirklichkeit in der hergebrachten Weise als ein räumlich und zeitlich geordnetes Geschehen aus, so können wir (wenn das Relativitätsprinzip zutrifft) eine unendliche Menge von „Weltbildern" aufstellen, die alle gleichermaßen mit den Beobachtungen, mit den tatsächlichen Erfahrungen im Einklang sind und auch alle genau die nämlichen Gesetzmäßigkeiten aufweisen. Wenn wir es nun nicht angängig finden, uns mit irgend einem beliebigen dieser Weltbilder zu begnügen, so hat das offenbar seinen Grund darin, daß neben ihm noch eine unbegrenzte Menge anderer ebenso zulässig und begründet erscheint, daß es nicht *zwingend* gegeben ist. Nun könnten wir aber unser Wirklichkeitswissen in der unbestimmten, alle jene Weltbilder einschließenden Form ausdrücken. Erscheint auch dies nicht befriedigend, so spricht sich darin die weitere Forderung aus, daß unsere Aussagen von der Wirklichkeit von einer solchen, eine Mehrheit von Fällen zulassenden Unbestimmtheit frei sein, daß

das Weltbild ein *eindeutig* bestimmtes sein soll. Den Gedanken, der zu der Minkowskischen Umformung führt, und dessen Berechtigung auch für ihre Bedeutung maßgebend sein wird, können wir also dahin formulieren, daß das physikalische Weltbild ein *zwingend* gegebenes und *eindeutig* bestimmtes sein soll.

Mit der Forderung einer *zwingenden und eindeutigen Bestimmtheit* des physikalischen Weltbildes beschäftigen sich die folgenden Betrachtungen.

I.

Wir erörtern zunächst eine weitere Vorstellung, die für jene Forderung von grundlegender Bedeutung ist. Fragen wir nämlich, wie denn überhaupt objektive, außer uns gegebene Verhaltungsweisen in solcher Weise erkannt werden können, so begegnen wir der Anschauung, daß gewisse Verhaltungsweisen in ganz direkter Weise Gegenstand unserer Wahrnehmung sind. Dieses *unmittelbar Erkennbare* scheint in der Tat zwingend und auch in eindeutiger Bestimmtheit gegeben zu sein. In dem *unmittelbar Erkennbaren* wird also das Wissen von der äußeren Welt, das wir unser physikalisches Weltbild nennen, seine Grundlage finden. Und so können wir das Prinzip denn wohl auch in der Form aussprechen, daß *nichts behauptet werden soll, was nicht entweder selbst ein unmittelbar Erkennbares ist oder in zwingender Notwendigkeit aus dem unmittelbar Erkennbaren hergeleitet, auf dieser Grundlage aufgebaut werden kann.*

Wir haben es hier mit einem Grundsatz zu tun, der in der theoretischen Physik, wenn auch nicht ohne Widerspruch, doch in großem Umfang und wohl in zunehmendem Maße anerkannt worden ist. Es sei daran erinnert, daß schon lange vor der Aufstellung des allgemeinen Relativitätsprinzips die Begriffe der absoluten Ruhe oder Bewegung, da sie sich nicht „aus dem Beobachtbaren definieren lassen, nichts Erkennbares bedeuten", als unzulässig bestritten worden sind.

Zweierlei darf nun wohl von vornherein als auffällig bezeichnet werden. Zunächst erscheint es als eine Lücke, daß nicht gesagt wird (meines Wissens ist bisher kein Versuch in dieser Richtung gemacht worden), *was* denn eigentlich unmittelbar erkennbar ist. Bekannt genug ist ja, daß unsere Wahrnehmungen gelegentlich, ja sogar recht oft, mehr oder weniger täuschend, sei es ungenau, sei es auch gänzlich unrichtig sind. So erscheint die Frage geboten, *welche* Wahrnehmungen denn als unbedingt zuverlässig, welche äußeren Verhältnisse als unmittelbar erkennbar betrachtet werden. Der zweite Punkt ist der folgende. Nehmen wir an, daß gewisse objektive Verhältnisse unmittelbar erkennbar sind, so muß das ja unzweifelhaft auf der Einrichtung und Funktion unserer Sinneswerkzeuge beruhen. Daß von diesen gar nicht die Rede ist, kann auch wohl mit einigem Recht zunächst auffallen. Eine Formulierung der unserm Wirklichkeitserkennen zu stellenden Aufgabe, eine Vorstellung von der Art, wie diese Aufgabe zu lösen ist, die von den Sinnesorganen gar keine Notiz nimmt, kann mindestens nicht vollständig sein. Und es versteht sich, daß, selbst wenn jene Voraussetzung (von der unmittelbaren Erkennbarkeit gewisser objektiver Verhältnisse) zutrifft, eine *vollständige*, sie ausdrücklich hervorhebende und begründende Betrachtung wohl am Platze und nicht überflüssig ist. Von einer solchen wollen wir hier ausgehen.

Ein erschöpfendes Wissen von der Wirklichkeit würde zunächst eine Kenntnis der äußern Verhaltungsweisen und Vorgänge enthalten, also als einen Teil etwa das in sich schließen, was wir das physikalische Weltbild zu nennen gewohnt sind. Es würde dann aber weiter zeigen, wie diese äußern Vorgänge auf unsere Sinneswerkzeuge einwirken, würde die in den Sinnesnerven sich abspielenden Vorgänge, dann die an diese sich anschließenden Vorgänge des Gehirns aufweisen, an die wir uns schließlich in irgendeiner Weise die Empfindungen und Wahrnehmungen geknüpft zu denken hätten. Eine solche Vorstellung von der Wirklichkeit würde ein nicht nur physikalisches, sondern zugleich auch physiologisches und psychophysisches Weltbild sein; sie mag ein *ganzes Weltbild* genannt werden.

In bezug auf ein solches sind nun eine Anzahl von Punkten des genaueren zu beleuchten. Zunächst ist zu beachten, daß auch, wenn es uns noch nicht gelungen ist, es in seinen *Einzelheiten* festzustellen, doch über seine *allgemeinen Verhältnisse* kein Zweifel besteht. Bei dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens ist es ja namentlich in seinem physiologischen und psychophysischen Teile noch überaus lückenhaft. Schon die Art, wie die äußern Vorgänge auf unsere Sinnesnerven einwirken, nicht minder dann die Natur der in den Sinnesnerven ablaufenden Vorgänge, ganz besonders endlich Ort und Art jener zerebralen Prozesse, die wir uns als die Grundlage der Empfindungen und Wahrnehmungen denken müssen, sind uns vorderhand nur unzulänglich, z. T. gar nicht bekannt. Allein das, was eine erschöpfende Kenntnis in seinen Einzelheiten aufzuweisen gestatten würde, geht doch in dieses unvollkommene Wissen als stillschweigend gemachte Voraussetzung ein. *Daß* überhaupt die äußern Vorgänge auf unsere Sinneswerkzeuge einwirken und daß demgemäß in der mehrerwähnten Weise unsere Wahrnehmungen zustande kommen: darüber sind wir nicht im Zweifel. So können wir die Form des endgültigen Weltbildes einwandfrei vorzeichnen; und es erscheint damit sowohl die der Forschung gestellte Aufgabe wie auch die Bedeutung des schon Bekannten fixiert.

Wenn unser ganzes Weltbild als Teil auch unsere Wahrnehmungen umfaßt, und wenn die psychologische Natur dieser Wahrnehmungen ja

gerade die ist, irgendwelche äußere Verhaltungsweisen zu bedeuten, so werden wir die im *Weltbilde angenommenen* und die Wahrnehmung *erzeugenden* äußern Verhaltungsweisen von den der *Wahrnehmung selbst eignen* unterscheiden müssen. Auf die Frage ihrer Übereinstimmung wird sogleich des genaueren einzugehen sein. Jedenfalls müssen wir sie zunächst auseinanderhalten. Um dies durch eine möglichst prägnante Bezeichnung festzulegen, wollen wir beachten, daß das ganze Weltbild, das unsere eignen Wahrnehmungsvorgänge mit zum Gegenstande hat, zutreffend als ein *Denkgebilde* zu bezeichnen sein wird. Und wir können auch die in ihm angenommenen äußeren Verhaltungsweisen *gedachte* nennen. Ihnen würden wir die in der Wahrnehmung selbst gegebenen als die *wahrgenommenen* gegenüberstellen können. Nehmen wir an, daß das ganze Weltbild ein zutreffendes, objektiv richtiges ist, so können wir wohl auch die in ihm gedachten Verhaltungsweisen als die objektiv verwirklichten bezeichnen und in einer der geläufigen Anschauung sich noch mehr anschließenden Weise die in der Wahrnehmung gegebenen den objektiv verwirklichten gegenüberstellen. Die vorhin berührte Forderung, daß irgendwelche äußere Verhaltungsweisen unmittelbar erkennbar sein sollen, können wir dann auch dahin formulieren, daß *unseren Wahrnehmungen in gewissen Hinsichten eine unbedingte Verläßlichkeit zukommt oder daß gewisse in der Wahrnehmung gegebene Verhaltungsweisen in unser gedachtes Weltbild genau und in voller Strenge zu übernehmen sein müssen.*

Die Berechtigung dieser Forderung kann nun jedenfalls in Zweifel gezogen werden. Die Tatsache, daß die Sinneseindrücke vielfach täuschend sind, ist ja geläufig genug. In vielen Hinsichten stellen wir uns das äußere Verhalten anders vor, als es im Sinneseindruck gegeben ist. Bezeichnen wir daraufhin das Wahrgenommene als nicht zwingend gegeben, so müssen wir uns freilich vor einem Mißverständnis hüten. In vielen Fällen bleibt, wie bekannt, der täuschende Schein trotz besseren Wissens bestehen. Wir müssen aber diesen Zwang des sinnlichen Eindrucks sorgfältig unterscheiden von der logischen Notwendigkeit, etwas in unserem gedachten Weltbilde anzunehmen. Nur in der letzteren Hinsicht müssen wir die zwingende Natur der Wahrnehmung bestreiten. Wir müssen uns also klar machen, daß es sowohl psychologisch möglich wie auch logisch zulässig ist, in unserm endgültigen Denken der Wirklichkeit, in unserm „ganzen Weltbilde" ein Verhalten anders anzunehmen, als es in der Wahrnehmung gegeben ist.

Es ist nun nicht ersichtlich, weswegen das, was in vielen Hinsichten unzweifelhaft zutrifft, nicht durchgängig und überall gelten sollte, weshalb nicht die gedachten Verhaltungsweisen unseres Weltbildes von den in der Wahrnehmung gegebenen überall mehr oder weniger abweichen sollten. Freilich kann man mit Recht sagen, daß ein völliges Auseinanderfallen der Wahrnehmung und des objektiven Verhaltens nicht wohl denkbar erscheint. Denn wir würden ohne Zweifel zu dem physikalischen Teile des Weltbildes gar nicht gelangen können, wenn wir es nicht wenigstens annähernd und in der Hauptsache zutreffend in der unmittelbar gegebenen Wahrnehmung vorgezeichnet fänden. Sehr vielfach aber ist ja der Gang der Dinge der, daß das direkt Wahrgenommene uns wohl den Ausgangspunkt für unser eigentliches und endgültiges Wirklichkeitsdenken gibt, daß die genauere Prüfung aber nötigt, die Wahrnehmung in diesen oder jenen Hinsichten, hier mehr, dort weniger zu korrigieren. Und es erscheint ohne Zweifel durchaus denkbar, daß das gedachte objektive Verhalten mit dem Inhalt der Wahrnehmung *nirgends ganz genau* übereinstimmt, daß es überall kleine Abweichungen aufweist, oder daß mindestens kein Gebiet, keine Klasse sinnlicher Eindrücke angegeben werden kann, für die solche Abweichungen unbedingt auszuschließen wären. Dann würde es etwas „unmittelbar Erkennbares" im obigen Sinne gar nicht geben.

Müssen wir dem Gesagten zufolge bestreiten, daß unser Weltbild in der gemeinhin angenommenen Weise ohne weiteres in den Wahrnehmungen seine feste Grundlage besitzt, so kann es ja scheinen, als ob ihm damit der Boden überhaupt entzogen wäre. Und es erhebt sich die Frage, worauf denn bei dieser Auffassung seine Gültigkeit gegründet werden kann. Worauf beruht, von welcher Art ist die Berechtigung, all das zu behaupten, was seinen Inhalt ausmacht? — Zunächst ist hervorzuheben, daß auch für das ganze Weltbild *gewisse* Teile in zwingender und endgültiger Notwendigkeit gegeben sind. Dies sind freilich nicht die wahrgenommenen äußeren Verhaltungsweisen; denn für diese bleibt es ja zunächst zweifelhaft, ob sie in das gedachte Weltbild aufzunehmen sind. Wohl aber sind es die *psychologischen Tatsachen der Wahrnehmung selbst.* Sehe ich irgendwo einen grünen Gegenstand, so kann, ganz allgemein gesprochen, die Richtigkeit dieser Wahrnehmung bezweifelt, die Frage aufgeworfen werden, ob sich tatsächlich an jener Stelle ein grüner Gegenstand befindet, oder etwa dies durch irgendwelche besondere Umstände vorgetäuscht ist. Ganz sicher aber ist die Tatsache, daß *ich* in diesem Augenblick eben *diesen Eindruck habe,* daß *ich* in dieser bestimmten Weise *empfinde oder wahrnehme.* In den Tatsachen des Wahrnehmens selbst, allgemeiner gesagt, in *den in unserem Bewußtsein gegebenen eigenen Erlebnissen ist also eine ganz bestimmte feste Grundlage für unser Wirklichkeitsdenken gegeben.*

Ist dies der Fall, so wäre nun weiter zu fragen, worauf die Berechtigung des „ganzen Weltbildes" beruht, das neben den Ereignissen unseres Seelenlebens auch die äußere Wirklichkeit, das physikalische Weltbild umfaßt. Dies wird so-

gleich deutlich, wenn wir den Versuch machen, von ihm abzusehen und unser Wirklichkeitsdenken auf denjenigen Teil zu beschränken, der, wie eben hervorgehoben wurde, zwingend gegeben ist, nämlich unsere eignen psychischen Tatsachen. Ein Wirklichkeitsdenken, das nur diese enthielte, würde sich in eine Summe zusammenhangloser, jeder Ordnung und damit auch jeder Verständlichkeit ermangelnder Einzeltatsachen verwandeln. Von einer solchen Summe zusammenhangloser und unverständlicher Tatsachen unterscheidet sich das ganze Weltbild dadurch, daß es das *gesamte Verhalten der Wirklichkeit als* ein *gesetzmäßig geordnetes, insbesondere alles Geschehen als festen allgemeinen Gesetzen unterworfen* darstellt.

Diesem Ziel strebt das Verfahren zu, das wir beim Aufbau unseres Weltbildes auch ohne besondere methodische Überlegung überall sozusagen von selbst anwenden, indem wir unter ähnlichen Bedingungen ähnliche Folgen erwarten, aus gleichen Erscheinungen auf gleiche Ursachen zurückschließen, also in Analogieschlüssen und induktiven Verallgemeinerungen fortschreiten. Hierauf beruht aber auch die Überzeugung, die wir von seiner Richtigkeit haben. Die Berechtigung dieser Überzeugung ist keine andere als die allgemeine, derzufolge wir, wenn in zahlreichen Fällen beobachtet wurde, daß sich an die voraufgehenden Umstände B die Folge F geknüpft hat, die gleiche Verknüpfung auch für den jetzt vorliegenden Fall erwarten. Wir haben es hier mit einem Grundsatz des Erkennens zu tun, den wir nicht weiter beweisen oder begründen, den wir aber auch nicht bestreiten oder ablehnen können, ohne die Möglichkeit eines Naturerkennens überhaupt aufzuheben. Hierauf beruht es, daß unser Weltbild uns gestattet, auch zukünftiges Geschehen im voraus zu berechnen und in gewissem Umfange nach unseren Wünschen zu gestalten, also sein praktischer Wert.

Die Eigenschaft, auf der die logische Berechtigung des ganzen Weltbildes beruht, ist also die, *unsere tatsächlich gegebenen Erfahrungen als Bestandteile eines geordneten Ganzen verständlich zu machen.* Und damit ist denn auch die Aufgabe bezeichnet, die wir uns zu stellen haben. Wollen wir den hier vorzugsweise interessierenden Punkt, die Zulassung von Abweichungen zwischen dem im Weltbild Anzunehmenden und dem in der Wahrnehmung Gegebenen, zwischen Wahrgenommenem und Gedachtem noch besonders hervorheben, so können wir sagen: nicht mit unseren Wahrnehmungen *übereinzustimmen,* sondern *diese selbst als Bestandteil eines gesetzmäßig geordneten Geschehens darzustellen und in diesem Sinne verständlich zu machen,* das ist die Forderung, der unser ganzes Weltbild genügen muß.

Können wir ein Weltbild der skizzierten Art berechtigt, können wir es auch intellektuell befriedigend nennen, so wird jetzt noch die Frage zu berühren sein, ob es *zwingend* gegeben ist oder sein kann. Auch hier müssen wir natürlich wieder beachten, daß unsere Frage sich nicht auf den psychologischen Zwang des sinnlichen Eindrucks bezieht, über dessen Bestehen ja kein Zweifel obwaltet. Gemeint ist vielmehr, ob sich der Inhalt des gedachten Weltbildes in zwingender *logischer Notwendigkeit* ergibt. Und es leuchtet ohne weiteres ein, daß dies nicht der Fall ist. Zwar daß uns die Tatsachen unseres eigenen Erlebens in endgültiger und zwingender Gewißheit gegeben sind, wurde vorhin berührt. Aber schon wenn wir überhaupt, über diese hinausgehend, Aussagen über ein objektives äußeres Verhalten machen, tun wir einen Schritt, für den eine eigentliche logische Nötigung nicht vorliegt. Demgemäß bleibt ja denn auch jede Annahme über ein solches Verhalten mit der Berechtigung eines Zweifels behaftet, die wir, so gering sie in vielen Fällen erscheinen mag, doch niemals ganz beseitigen können. Weiter aber ist zu beachten, daß die Berechtigung des Weltbildes ja darin besteht, daß es einer bestimmten, eben der vorhin formulierten Anforderung *genügt.* Nehmen wir an, wir wären im Besitze eines Weltbildes, welches das in vollem Maße täte, so werden wir niemals sicher sein können, daß es nicht noch ein oder zahlreiche andere gibt, die das in der gleichen Weise tun und daher ebenso berechtigt sind. Es ist nicht abzusehen, wie ein solcher Beweis geführt werden könnte. Und so ist denn das Weltbild niemals zwingend gegeben.

Überblicken wir das Ergebnis der bisherigen Darlegung, so würde zu sagen sein, daß *die unmittelbare Erkennbarkeit irgendwelcher äußeren Verhältnisse oder die unbedingte Zuverlässigkeit unserer Wahrnehmungen keine unerläßliche Voraussetzung eines geordneten und befriedigenden Naturerkennens darstellt.* Eine ganz allgemeine, durch keine besonderen Voraussetzungen spezialisierte Betrachtung unseres Wirklichkeitserkennens führt uns vielmehr auf ein logisches Bild des Naturerkennens, in dem eine strenge Übereinstimmung des im Weltbilde Anzunehmenden mit dem in der Wahrnehmung Gegebenen nicht erforderlich ist. Sie lehrt zugleich, *daß die als Weltbild zu bezeichnende Anschauung vom Verhalten der Wirklichkeit nicht zwingend gegeben ist. Wir können sie wohl auch als eine die tatsächlich gegebenen Erfahrungen verständlich machende aber niemals zwingend zu erweisende Hypothese* bezeichnen[1]).

II.

Es ist nun nicht ausgeschlossen, daß jene als *entbehrlich* dargetane Voraussetzung tatsächlich doch zuträfe, daß unseren Sinneseindrücken in

[1]) Der logische Aufbau unseres Wirklichkeits-Erkennens ist hier, dem Zweck dieser Abhandlung entsprechend, nur in seinen Grundzügen dargelegt worden. Eine genauere Darstellung dieser Verhältnisse habe ich an anderer Stelle gegeben (*Logik,* Grundzüge einer kritischen und formalen Urteilslehre 1916, insbesondere S. 38 f.).

irgendwelchen Hinsichten die angenommene absolute Zuverlässigkeit zukäme; und sollte das der Fall sein, so würde zu prüfen sein, wie weit sich dadurch die logischen Verhältnisse des Weltbildes im ganzen verschieben. Der Frage, ob sich das so verhält, wenden wir uns jetzt zu; für ihre Beantwortung werden wir die Erfahrungen der Sinnesphysiologie heranzuziehen haben.

Von vornherein kann als wahrscheinlich gelten, daß eine unbedingte Zuverlässigkeit der sinnlichen Eindrücke gerade in denjenigen Beziehungen bestehen wird, die sich der physikalischen Betrachtung gewissermaßen von selbst als das „unmittelbar Erkennbare" herausgesondert haben. Und so kommen wir denn hier auf die andere eingangs aufgeworfene Frage zurück: *was ist es eigentlich, was als unmittelbar erkennbar vorausgesetzt wird?* und sind die hier stillschweigend gemachten Annahmen mit dem, was wir über Einrichtung und Leistungen der Sinneswerkzeuge wissen, im Einklang?

Wir stellen hier die durch den *Gesichtssinn* vermittelte Wahrnehmung räumlicher Anordnungen als die ohne Zweifel wichtigste Klasse aller Wahrnehmungen voran. Fragen wir, inwieweit diesen die uns beschäftigende vollkommene Zuverlässigkeit zukommt, so ist dies ja zunächst zu verneinen bezüglich aller *Größenbeziehungen.* Der Eindruck von Gleichheiten und Ungleichheiten, der unmittelbar mit der Wahrnehmung gegeben ist, das *Augenmaß,* ist, wie hoch wir auch seinen Wert veranschlagen mögen, doch niemals unbedingt zuverlässig. Auch wird es ja bei physikalischen Beobachtungen so sehr als möglich ausgeschaltet. Wir werden also die Größenbeziehungen dem direkt Erkennbaren jedenfalls nicht zuzurechnen haben. Dagegen wird man geneigt sein, für die Verhältnisse der *Anordnung und Lage* eine solche ausgezeichnete Erkennbarkeit in Anspruch zu nehmen, so namentlich, daß das, was wir in unmittelbarer Benachbarung sehen, auch tatsächlich unmittelbar benachbart liegt, was wir um endliche Strecken getrennt sehen, auch tatsächlich um kleinere oder größere Strecken auseinander liegt. Ich möchte hierfür einen Ausdruck festlegen, der ähnlich auch für eine ganze Klasse ähnlich bevorzugter Sinneseindrücke verwendet werden kann, und von einer Wahrnehmung der *Kontinuitätsverhältnisse* sprechen. Wir haben es hier mit einer Seite der Wahrnehmung zu tun, die in der physikalischen Beobachtung eine hervorragende Rolle spielt. Auf ihre Zuverlässigkeit stützt sich das, was wir *„Messen"* nennen, wenn nicht immer, so doch in den gewöhnlichsten und häufigsten Fällen, so vor allem, wenn wir den Maßstab an den zu messenden Gegenstand anlegen. Vergegenwärtigen wir uns, was hier eigentlich Gegenstand der Wahrnehmung ist, so müssen wir beachten, daß wir ja niemals die Marke des Maßstabs mit einem Punkte des zu messenden Gegenstandes zu einer räumlichen Koinzidenz im strengen Sinne, d. h. beide an den nämlichen Ort bringen können. Immer vielmehr stützt sich die Messung darauf, daß wir beide in unmittelbare *Benachbarung* bringen. Die Voraussetzung in bezug auf die Funktion des Auges, von der ausgegangen wird, besteht also darin, daß das in unmittelbarer Benachbarung Gesehene auch tatsächlich in unmittelbarer Benachbarung sich befindet. Und sicherlich ist wohl auch der experimentierende Physiker gewohnt, diese Verhältnisse in erster Linie als etwas unmittelbar Erkennbares zu betrachten.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß wir es hier mit derjenigen Seite der Seheindrücke zu tun haben, die in der Tat am ehesten auf den Vorzug einer absoluten Zuverlässigkeit Anspruch machen kann. Auch scheint dies ja in den physiologischen Verhältnissen eine einfache Erklärung zu finden. Denn nach Maßgabe der dioptrischen Einrichtung des Auges fallen ja, selbst wenn die Abbildung mehr oder weniger verzerrt sein sollte, doch die Bilder benachbarter Punkte auf benachbarte Netzhautstellen. Die Aneinanderreihung der Bilder entspricht also derjenigen der abgebildeten Gegenstände. Daß aber auch in der Wahrnehmung die benachbarten Netzhautstellen den Eindruck benachbarter Orte bedingen, somit auch die Kontinuitätsverhältnisse der Wahrnehmung mit jenen beiden übereinstimmen, das erscheint als ein Erfolg, der recht wohl durch die physiologischen oder psychophysischen Einrichtungen gewährleistet sein und somit als unverbrüchliche Regel gelten könnte.

Eine strengere und vollständige Prüfung der physiologischen Verhältnisse lehrt nun aber doch, daß selbst hier die Annahme einer unbedingten Zuverlässigkeit keineswegs zutrifft, und daher von einer unmittelbaren Erkennbarkeit nur mit gewissen Einschränkungen gesprochen werden kann. Zunächst ist zu beachten, daß auch hier die unserm sinnlichen Erkennen überall gesteckten Unterscheidbarkeitsgrenzen eine Rolle spielen. Die scheinbare Berührung beweist streng genommen nur, daß der Abstand unter einem gewissen endlichen Wert liegt. Von größerem Interesse ist es, daß die Anknüpfung der wahrgenommenen an die objektiv gegebenen räumlichen Verhältnisse auf einem verwickelten Apparat beruht, der die Möglichkeit von Abweichungen auch in der uns hier beschäftigenden Beziehung offen läßt. Lassen wir auch Dinge beiseite, die nur unter pathologischen Bedingungen oder ganz ausnahmsweise vorkommen, so bieten die Einrichtungen des Sehorgans die Gelegenheit für Eindrücke, die auch hinsichtlich der Kontinuitätsverhältnisse täuschend sind. Wir wissen, daß bestimmte Punktpaare der rechten und linken Netzhaut, die sogen. *korrespondierenden oder identischen Punkte,* genau den gleichen Richtungseindruck erzeugen. Demgemäß kann der Eindruck einer unmittelbaren Berührung zweier Gegenstände A und B nicht allein dadurch hervorgerufen werden, daß sie in Wirklichkeit in unmittelbarer Berührung liegen und

somit ihre Bilder auf sich berührende Stellen derselben Netzhaut fallen. Er kann vielmehr auch dann entstehen, wenn sie getrennt aber so gelegen sind, daß das Bild von *A* im rechten Auge demjenigen Punkt unmittelbar anliegt, der mit dem linksäugigen Bilde von *B* identisch ist.

Diese als *Konfundierung* bezeichnete Erscheinung ist das selbstverständliche Korrelat zu der bekannteren und mehr beachteten des *binokularen Doppeltsehens*. Wird ein und derselbe Gegenstand rechts- und linksäugig in verschiedenen Richtungen gesehen, so werden auch in derselben (oder sehr annähernd derselben) Richtung zwei Gegenstände wahrgenommen, die in Wirklichkeit mehr oder weniger auseinander liegen[1]). — Endlich ist zu beachten, daß eine direkte Wahrnehmung der Berührung auf den Fall beschränkt ist, daß die beiden Gegenstände in *gleicher Entfernung* liegen. Hiervon können wir uns nun freilich mit genügender Sicherheit auf mancherlei Weise überzeugen. In manchen Fällen, z. B. wenn wir einen durchsichtigen Maßstab auf den zu messenden Gegenstand auflegen, geht es schon aus der bekannten Beschaffenheit der festen Körper hervor; in anderen können wir uns auf das Fehlen parallaktischer Verschiebungen bei Bewegungen des Beobachters stützen. Eine genaue Betrachtung muß aber doch hervorheben (nur darauf kommt es hier an), daß keineswegs dem Sinneseindruck *für sich* jene unbedingte Zuverlässigkeit zukommt, sondern unsere Vorstellung vom äußern Verhalten auf eine Anzahl weiterer, nicht wohl einheitlich angebbarer Beobachtungen gestützt erscheint.

Wir können hier sogleich diejenigen Verhältnisse der Wahrnehmung anschließen, die durch die Reizung benachbarter Netzhautstellen dann bedingt werden, wenn, gleichviel aus welchem Grunde, die beiden Gegenstände in *ungleicher Entfernung* gesehen werden. Sie erscheinen uns dann *auf einer gegen uns selbst gerichteten Geraden*. Auch hier handelt es sich ohne Zweifel um Eindrücke, die durch einen besonders hohen Grad von Sicherheit ausgezeichnet sind. Gleichwohl aber ist der Idealfall unbedingter Verläßlichkeit hier noch weniger als in den vorhin besprochenen Hinsichten gegeben. Vielmehr sind auch hier durch die Einrichtung des Sehorgans, und zwar wiederum durch die eigenartigen Verhältnisse des binokularen Sehens, ganz bestimmte, unter Umständen nicht unbeträchtliche Fehlermöglichkeiten gegeben. Damit zwei Gegenstände ungleicher Entfernung sich auf benachbarten Stellen derselben Netzhaut abbilden, müssen die beiden Objektpunkte und das Auge, genauer gesagt der Knotenpunkt desselben, annähernd in einer Geraden gelegen sein. Tatsächlich werden aber zwei solche Gegenstände nicht auf einer durch den Knotenpunkt des betr. Auges gehenden Geraden gesehen. Sie scheinen vielmehr auf einer Geraden zu liegen, die gegen das *zwischen beiden Augen gelegene Sehzentrum* gerichtet ist. Demgemäß kann denn auch sehr wohl der Eindruck entstehen, daß drei Gegenstände in einer Geraden liegen, für die das in Wirklichkeit nicht zutrifft. Dies tritt dann ein, wenn zwei sich auf benachbarten Punkten des einen Auges abbilden, der dritte aber auf einem Punkte des anderen Auges, der annähernd zu jenen identisch ist.

Es wurde vorhin schon berührt, daß auch in anderen Hinsichten als für die räumliche Ordnung die Wahrnehmung von Kontinuitätsverhältnissen einen besonders hohen Grad von Sicherheit und insofern eine ausgezeichnete Bedeutung besitzt. Hier ist zunächst an die Wahrnehmung der *zeitlichen Verhältnisse* zu denken. Auch die zeitliche Aneinanderschließung könnte man geneigt sein für „direkt erkennbar", d. h. den Schluß aus der Aneinanderreihung unserer Eindrücke auf die Abfolge der sie hervorragend bringenden Vorgänge für unbedingt sicher zu halten. Sehr bekannte Tatsachen lehren aber, daß dies keineswegs unbeschränkt und genau zutrifft. Daß ein Schall- und ein Lichtsignal, die in mäßiger Entfernung von uns gleichzeitig gegeben werden, wegen der Ungleichheit von Licht- und Schallgeschwindigkeit uns ungleichzeitig erscheinen, ist längst bekannt. Gerade in Verbindung mit dem Relativitätsprinzip ist die Aufmerksamkeit darauf gelenkt worden, daß auch das gleichzeitig in verschiedenen Entfernungen *Gesehene* nicht genau gleichzeitigen Ereignissen entspricht. Die Sinnesphysiologie lehrt ferner, daß das Gleichzeitig- oder Nacheinandererscheinen von Eindrücken, die verschiedenen Sinnesgebieten angehören (Schall- und Lichtsignal) oder verschiedenen Teilen desselben Sinnes (optische Eindrücke an verschiedenen Stellen des Gesichtsfeldes), von mancherlei nicht ganz einfachen Bedingungen abhängt, die keineswegs durch die gleichzeitige Einwirkung der äußeren Vorgänge auf das Sinnesorgan erschöpfend gegeben sind[1]). — Hiernach schränkt sich die uns beschäftigende volle Zuverlässigkeit auf den Fall ein, daß ein bestimmter sinnlicher Eindruck eine Änderung er-

[1]) Die hier berührten optischen Täuschungen werden in sehr wichtiger Weise dadurch eingeschränkt, daß wir normalerweise binokular fixieren, d. h. die Augen stets so stellen, daß der nämliche Objektpunkt sich auf den beiden Stellen des deutlichsten Sehens abbildet. Da diese identische Punkte sind, so ist Doppeltsehen und entsprechend auch Konfundierung für diese Stelle selbst ausgeschlossen. Immerhin kann es doch eintreten für Stellen, die ihr noch sehr nahe liegen. Übrigens wird darauf, daß die hier erwähnten Täuschungsmöglichkeiten praktisch nicht von großer Bedeutung sind, alsbald zurückzukommen sein. Hier handelt es sich nur darum, zu zeigen, daß sie überhaupt vorhanden sind, eine unbedingte Zuverlässigkeit des Sinneseindrucks also nicht gegeben ist. Genaueres über die hier berührten Verhältnisse findet man in *Helmholtz*, Physiologische Optik, 3. Aufl., Bd. III. S. 472 f.

[1]) Vgl. hierüber z. B. *Exner*, Pflügers Archiv XI, S. 425, 1875. Ferner *v. Kries*: Über die Bedeutung des Aufmerksamkeitssprunges für den Zeitsinn. Deutsche Zeitschrift für Nervenheilkunde 47/48. S. 352, 1913.

leidet, z. B. an derselben Stelle des Gesichtsfeldes eine vorher bestandene Benachbarung aufhört, ein gehörter Ton an Stärke zu- oder abnimmt u. dgl.

Auf ähnliche Verhältnisse stoßen wir schließlich auch, wenn wir die Erkennbarkeit äußerer Verhaltungsweisen in Betracht ziehen, *die den qualitativen oder intensiven Bestimmungen der Sinneseindrücke* entsprechen. Auch hier ist die besondere Bedeutung der Kontinuitätsverhältnisse, der Wahrnehmung von gleich oder ungleich einleuchtend. Wenn wir bei einer photometrischen Beobachtung einen helleren Fleck im dunkleren Felde sehen, so wird man den Helligkeitsunterschied wohl auch als „direkt erkennbar" bezeichnen. Wiederum aber führt uns eine vollständige Berücksichtigung der sinnesphysiologischen Verhältnisse dazu, diese Annahme einzuschränken. Die Empfindungen werden gerade hier nicht allein durch die sie hervorrufenden äußeren Vorgänge bestimmt; sie hängen vielmehr auch von dem Zustand des empfindenden Organs ab, der nicht nur für dies in seiner Gesamtheit *wechseln*, sondern auch in einem bestimmten Zeitpunkt *örtlich* verschieden sein kann. Die Erscheinung eines helleren Flecks in dunklerer Umgebung kann auf solchen Verhältnissen beruhen, sie kann ein *Nachbild* sein. Freilich läßt sich das leicht prüfen und evtl. ausschließen. Beobachten wir mit bewegtem Auge und finden wir, daß die Helligkeitsgrenze an ihrer Stelle verharrt, sich nicht mit dem Auge bewegt, so besteht über ihre objektive Natur kein Zweifel. Auch hier aber müssen wir ebenso wie vorhin für die räumliche Kontinuität betonen, daß die Zuverlässigkeit nicht dem Sinneseindruck für sich zugeschrieben werden kann, sondern erst durch eine Reihe hinzutretender Beobachtungen erhalten wird.

Noch wichtigere Einschränkungen ergeben sich gerade für den Gesichtssinn aus anderen Verhältnissen. Von einer unbedingten Zuverlässigkeit hinsichtlich der Kontinuitätsverhältnisse hätten wir ja dann zu sprechen, wenn unter allen Umständen *gleichen Eindrücken gleiche, ungleichen ungleiche* äußere Vorgänge zugeordnet wären. Bekanntermaßen trifft dies für die Farben- und Helligkeitsbestimmungen des Gesichtssinns überhaupt nicht zu. Vielmehr können genau die gleichen optischen Empfindungen durch Licht von objektiv ganz verschiedener Beschaffenheit hervorgerufen werden. Hiernach wird denn zwar der Schluß von einer Ungleichheit der Empfindung auf eine Ungleichheit des entsprechenden äußern Verhaltens oder Vorgangs immer noch gerechtfertigt und zulässig erscheinen. Aber es ist nicht oder doch wieder nur unter mancherlei besonderen Voraussetzungen zulässig, aus der Gleichheit der Empfindung auf die Gleichheit der Vorgänge oder aus einem sehr geringen Unterschiede der ersteren auf eine annähernde Übereinstimmung der letzteren zu schließen.

Die Betrachtung der Sinnesfunktionen lehrt, *daß es nicht gelingt, ein Klasse von Eindrücken anzugeben, die wir als unbedingt zuverlässig in Anspruch nehmen könnten. Und so gibt es denn auch kein Gebiet äußerer Verhaltungsweisen, das in strengem Sinne unmittelbar erkennbar genannt werden könnte.* Wohl können wir, namentlich in den Kontinuitätsverhältnissen, eine Gruppe von Eindrücken herausheben, die durch einen besonders hohen Grad von Zuverlässigkeit ausgezeichnet sind. Sie sind es wohl auch, die in erster Linie von den experimentierenden Physikern als etwas „direkt Erkennbares" betrachtet und in Anspruch genommen werden. Aber auch hier ist die Übereinstimmung zwischen wahrgenommenem und objektivem Verhalten keine unbedingte; auch sind die Fälle, für die sie etwa anerkannt werden kann, nicht scharf abzugrenzen.

Die Annahme, die wir zunächst durch allgemeine Überlegungen als eine weder selbstverständliche noch unerläßliche erwiesen hatten, ist also tatsächlich auch nicht, wenigstens nicht streng verwirklicht. Und wir dürfen hierin jedenfalls eine Bestätigung jener allgemeinen Betrachtungen erblicken. Demgemäß wird denn eine strenge und genaue Erwägung unserm Naturerkennen keine andere Aufgabe stellen und für die Lösung derselben keine andere Form in Aussicht nehmen können, als dies oben unter Absehung von jener Voraussetzung geschehen ist.

III.

Die im bisherigen dargelegten Tatsachen sind offenbar mehr von theoretischer als von praktischer Bedeutung. Muß die Möglichkeit von Ungenauigkeiten der Wahrnehmung überall zugegeben werden, so bleiben sie doch in gewissen Gebieten und unter gewissen Voraussetzungen auf Beträge beschränkt, die praktisch außer Betracht bleiben dürfen. Ist das Gebiet der Wahrnehmung, dem eine solche Verläßlichkeit zukommt, nicht mit Sicherheit abzugrenzen, so kann doch angenommen werden, daß die physikalische Untersuchung sich sozusagen von selbst auf diejenigen Arten der Beobachtung konzentrieren wird, die in dieser Hinsicht besonders bevorzugt sind. Wir werden mit einem Wort die Annahme der direkten Erkennbarkeit gewisser äußerer Verhältnisse als eine, wenn auch nicht *streng zutreffende*, doch *praktisch zulässige* anerkennen können. — Wir wollen nun hiervon ausgehen und uns dabei zugleich auch insofern auf den Boden der in der Physik eingebürgerten Betrachtung stellen, als wir die Ergebnisse der Wahrnehmung in diesen Hinsichten auch als endgültig zwingende gelten lassen wollen. Es wird von Interesse sein, zu prüfen, wie sich unter dieser Voraussetzung, also indem wir das unmittelbar Erkannte als die sichere und zwingend gegebene Grundlage betrachten, die logischen Verhältnisse des ganzen Weltbildes darstellen. Hier zeigt sich nun sogleich, daß wir für das ganze Weltbild doch auch

zu keinem andern als dem vorhin gewonnenen Ergebnis gelangen. Vielmehr haben wir bei der hier gemachten Voraussetzung mutatis mutandis ganz die nämlichen Erwägungen zu wiederholen, die dort angestellt wurden. Wiederum müssen wir feststellen, daß schon wenn wir, über das direkt Wahrgenommene hinausgehend, all das Weitere behaupten, was ein Weltbild genannt werden kann, wir damit einen Schritt tun, für den eine eigentliche Nötigung nicht vorliegt. Zuzugeben wird zwar sein, daß sich auch hier vielfach Überzeugungen entwickeln, die keinen Zweifel zuzulassen scheinen und in einer der direkten Wahrnehmung vergleichbaren Weise unabweisbar erscheinen. Dahin gehört z. B. die Vorstellung von *Gegenständen, die beharren*, d. h. weiter existieren, auch wenn ihre Wahrnehmung unterbrochen ist. Allein gerade je mehr wir die zwingende Natur der Wahrnehmung selbst zu betonen geneigt sind, um so mehr müssen wir anerkennen, daß auch mit der Vorstellung des beharrenden Gegenstandes über das Wahrgenommene hinausgegangen wird, daß wir mehr behaupten, als wir tatsächlich wahrnehmen. Und demgemäß ist ja denn die Frage, ob es sich wirklich so verhält, streng genommen immer berechtigt und auch im psychologischen Sinne möglich. Fragen wir aber, wie wir tatsächlich von dem unmittelbar Wahrgenommenen zu der ganzen Vorstellung, die wir unser Weltbild nennen, fortschreiten, und worauf sich die Berechtigung gründet, dieses in seiner Gesamtheit als verwirklicht anzunehmen, so leuchtet ein, daß wir uns auch hier nur auf die vorhin erwähnten Umstände berufen können, die *psychologische Bedeutung und die innere Wahrscheinlichkeit des Gleichartigen und Gesetzmäßigen.* Wiederum können wir sagen, daß die Aufgabe des Weltbildes darin besteht, das in der Wahrnehmung Gegebene als Teil eines gesetzmäßig geordneten Ganzen darzustellen. Ist aber dies der Fall, so folgt daraus ohne weiteres, daß das ganze Weltbild in dem, was als ein Wahrgenommenes endgültig gegeben ist, zwar seine Grundlage findet, aber nicht in zwingender Notwendigkeit ihm zugeordnet ist. Sind wir auch im Besitze eines Weltbildes, welches alles Wahrgenommene in völlig befriedigender Weise als Bestandteil eines geordneten Ganzen erklärt, so kann niemals und auf keine Weise ausgeschlossen werden, daß es nicht noch andere Weltbilder geben kann, die dieser Forderung in der gleichen Weise genügen.

Nun kann man freilich sagen, wenn das physikalische Weltbild sich nicht zwingend ergibt, so sei zwar zuzugeben, daß wir seiner ausschließlichen Richtigkeit niemals vollkommen sicher sein können; die Möglichkeit, daß neben ihm noch eines oder viele andere von gleicher Berechtigung denkbar seien, könne nicht abgewiesen werden. Die Berechtigung solcher rein fiktiver Möglichkeiten sei jedoch ohne Belang. Wenn sich dagegen, wie das Relativitätsprinzip es mit sich bringe, wirklich eine Mehrzahl von Weltbildern ergäbe, zwischen denen eine Entscheidung oder Wahl zunächst unmöglich erscheint, so könne man sich die Beseitigung der hiermit gegebenen Vieldeutigkeit doch jedenfalls zur Aufgabe stellen. Auch könnte man wohl meinen, für die Art, wie dies zu geschehen hat, ein ganz einfaches Prinzip angeben zu können; man habe sich auf die Behauptung dessen zu beschränken, was *allen jenen Weltbildern gemeinsam sei.* Eben dies sei es, was wirklich mit Sicherheit behauptet werden könne. Indessen zeigt sich doch leicht, daß wir dieses Prinzip mindestens nicht als allgemeine Regel gelten lassen können. Denn es könnte ja sehr wohl der Fall sein, daß dieser gemeinschaftliche Teil den an ein Weltbild zu stellenden Anforderungen gar nicht genügte. Denkbar wäre z. B., daß etwa zwei gleichberechtigte Weltbilder ganz auseinanderfallen, irgend ein gemeinsamer Behauptungsinhalt gar nicht aufzuweisen wäre.

Unter welchen Voraussetzungen nun und in welcher Weise wir von einer Vielheit gleichberechtigter Weltbilder zu einem einheitlichen gelangen können, das soll hier nicht allgemein erörtert werden. Wohl aber ist es von Interesse die Art, wie dies bei der *Minkowskischen Umformung* geschieht, etwas genauer zu beleuchten. Und zwar möchte ich zunächst einen Fall erwähnen, in dem die Verhältnisse von ganz gleicher Art, aber einfacher und durchsichtiger sind. Nehmen wir an, die Beobachtung führe uns für irgend einen besonderen Fall zur Kenntnis eines Bewegungsgesetzes, das in der gewöhnlichen Weise in der Form einer *Differentialgleichung* gegeben ist (es könnte sich z. B. um die Schwingung eines materiellen Punkts um eine Gleichgewichtslage handeln). Dabei mögen aber die in die Bewegungsgleichungen eingehenden Integrationskonstanten unserer Feststellung entzogen sein. Stellen wir nun die durch Integration erhaltenen Bewegungsgleichungen auf, so werden in diese eine Anzahl von Werten eingehen, die uns nicht bekannt sind, vielmehr innerhalb gewisser Grenzen jeden beliebigen Wert annehmen können. Wir haben hier ein *nicht eindeutig bestimmtes* physikalisches Bild. Beschränken wir uns auf die Aufstellung der Differentialgleichung, so ist die Vieldeutigkeit oder Unbestimmtheit verschwunden. Auch kann man ohne Zweifel mit Recht sagen, daß in ihr das zu erblicken ist, was wir mit Sicherheit und als etwas eindeutig Bestimmtes behaupten können. Auf der andern Seite versteht sich aber, daß wir es hier mit einer Umgestaltung von rein formaler Bedeutung zu tun haben. Es ist ja hier nicht so, daß zwei Gruppen von Aussagen in einem gewissen Teile übereinstimmen, und daß die in beiden vertretenen Aussagen demgemäß einen *Teil* des einen wie des andern Behauptungsinhalts darstellen.

Vielmehr deckt sich das in der einen und andern Form Behauptete inhaltlich. Nehmen wir die Integralgleichungen in dem Sinne, daß gewisse in sie eingehende Symbole jeden beliebigen Wert besitzen können, so bedeuten sie im Grund genau das nämliche wie die Differentialgleichungen. So ist denn auch die dem einen Falle eigene Unbestimmtheit im andern nicht sowohl beseitigt als *formell zum Verschwinden gebracht*, und zwar dadurch, daß unsere Aussagen sich lediglich auf die uns bekannten Dinge erstrecken, andere aber, die unbestimmt bleiben, *nicht als unbestimmt aufgeführt, sondern überhaupt nicht erwähnt* werden.

Fragen wir nun, welchen Vorzug die eine oder andere Formulierung besitzt, so darf wohl in erster Linie der Form der Differentialgleichungen ein Vorzug *ästhetischer Art* zugeschrieben werden. Beschränken wir die Aussagen auf die präzis angebbaren Dinge, während alles übrige unerwähnt bleibt, so ist damit in der elegantesten Weise gekennzeichnet, was wir wissen und was wir nicht wissen. Daneben aber kommt ohne Zweifel doch noch etwas anderes in Betracht. Es wird vor allem darauf ankommen, ob die Integralgleichungen für uns aus praktischen oder irgendwelchen sonstigen Gründen *von Bedeutung und von Interesse* sind. Ist dies der Fall, so wird es offenbar von geringem Nutzen sein, durch die Form der Differentialgleichungen die Unbestimmtheit unseres Wissens zum Verschwinden zu bringen.

Trotz mancher Unterschiede scheint mir für die Minkowskische Umformung Ähnliches zuzutreffen. Daß wir es mit einer Umformung zu tun haben, die wegen der eigenartigen und neuen ihr zugrunde liegenden Abstraktionen und auch gerade wegen der so zu erhaltenden mathematischen Form von hohem Interesse ist, versteht sich von selbst. Als die Hauptfrage wird sich aber doch immer die herausstellen, *ob wir uns mit dieser Formulierung als einer für unsere intellektuellen Verhältnisse ausreichenden begnügen können, oder ob wir aus irgendwelchen Gründen doch genötigt sind, auf die altgewohnten Vorstellungen zurückzugreifen.* Diese Frage kann, wie mir scheint, nur im letzteren Sinne beantwortet werden. Sobald wir im Auge behalten, was ein Weltbild eigentlich sein soll und worauf seine Bedeutung beruht, leuchtet ein, daß für seine Aufstellung vor allem *die Form der Zeit* unerläßlich ist und in ihrem uns geläufigen Sinne gar nicht entbehrt werden kann. Sind uns doch die Ereignisse unseres Seelenlebens einschließlich der Wahrnehmungen als ein *zeitlich geordnetes, zeitlich fortschreitendes Geschehen* unmittelbar gegeben. Auch um aus einem Weltbilde von der Minkowskischen Form zu entnehmen, was es an Erfahrbarem bedeutet, werden wir es stets in dem Sinn spezialisieren müssen, wie es irgend einem bestimmten Bezugssystem entspricht, d. h. wir werden irgend einer bestimmten Funktion der abstrakten Koordinaten die Bedeutung der Zeit geben müssen. Was die drei anderen Koordinaten anlangt, so brauchen diese allerdings nicht ohne weiteres als räumlich im Sinne einer Beziehung auf unseren Anschauungsraum genommen zu werden. Aber schon dadurch, daß sie der Zeit als etwas Andersartiges gegenüber gestellt werden, gewinnen sie die Bedeutung, daß durch sie zusammen ein in einem bestimmten Zeitpunkt verwirklichtes Verhalten zu bezeichnen ist. Das Minkowskische Denkgebilde bleibt demgemäß unter allen Umständen insofern ein vieldeutiges, als es eine unendliche Zahl solcher, einerseits die Zeit, anderseits jene drei anderen Bestimmungsstücke enthaltenden Weltbilder zuläßt.

Stellt man sich auf diesen Standpunkt, so kann man sagen, daß in der *Minkowskischen Formulierung die Vielheit gleichmäßig zutreffender Weltbilder nur scheinbar beseitigt, die eindeutige Bestimmtheit des Weltbildes nur scheinbar erreicht ist.*

Ich möchte nicht unterlassen, noch einige Erwägungen darüber anzufügen, was es eigentlich besagt und auf sich hat, wenn wir *nicht* zu einem eindeutig bestimmten Weltbilde gelangen, sondern unser Wirklichkeitswissen sich als ein unbestimmtes, eine Reihe von Fällen zulassendes darstellt. Dabei muß ich mich freilich darauf beschränken, die verschiedenen in dieser Hinsicht möglichen Anschauungen kurz zu kennzeichnen, während der Versuch, sie kritisch zu würdigen und diejenige, die ich für die zutreffende halte, zu begründen, über die hier gesteckten Grenzen hinausführen würde. Erinnert sei zunächst noch daran, daß wenn, wie wir es hier voraussetzen, zwischen verschiedenen Weltbildern eine Entscheidung schlechterdings ausgeschlossen ist, dies ja schon besagt, daß sie hinsichtlich unserer Erfahrungen, auch der zukünftigen und derjenigen, die wir durch unser Handeln herbeizuführen hoffen dürfen, genau das gleiche ergeben. Hierin liegt schon, daß sich an die Frage, welches von ihnen zutrifft, jedenfalls kein *praktisches Interesse* knüpft, daß sie praktisch gleichbedeutend sind. Im übrigen aber gestattet, wie gesagt, eine Vielfältigkeit der Weltbilder, die mit der Erfahrung gleichermaßen im Einklang sind, mehrerlei verschiedene Auffassungen.

Die *erste* und wohl nächstliegende ist die, die wir eine *realistische* (auch wohl naiv-realistische) nennen können. Sie führt dazu, in der Vielfältigkeit der Weltbilder, zwischen denen wir nicht entscheiden können, eine Unvollständigkeit unseres Wirklichkeitserkennens zu erblicken. Nehmen wir im naiv-realistischen Sinne unsere begrifflichen Bezeichnungen ohne weiteres für eine adäquate Bezeichnung des äußeren Verhaltens, so besagt die Vielfältigkeit des Weltbildes eben einfach, daß wir nicht wissen, auch nicht herausbringen können, ob die Dinge sich so oder

so verhalten. Unser Wissen von der Welt erscheint in diesem Sinne zu einer gewissen Lückenhaftigkeit verurteilt.

Dieser Auffassung kann man diejenige gegenüberstellen, die sich in grundsätzlicher Weise den Lehren *Kants* anschließt. Stimmen wir *Kant* darin zu, daß wir in dem Erkennen der Außenwelt an die *uns* eigentümlichen, mit *unserer Natur* gegebenen Begriffe gebunden sind, daß daher jedes Weltbild die in unsern Begriffen ausgedrückte Bezeichnung für ein uns überhaupt nicht erkennbares *„An sich"* der Dinge ist, so erscheint die Vielfältigkeit des physikalischen Weltbildes nicht als eine Unvollständigkeit des Wissens, die uns zu der zwar nicht beantwortbaren, aber doch immerhin berechtigten Frage drängt, welches von ihnen denn nun eigentlich das richtige sei. Wir werden uns vielmehr klar machen müssen, daß jene Weltbilder alle das Nämliche bedeuten und auch alle gleichermaßen berechtigt sind. Wir können ihre Vielfältigkeit ähnlich auffassen, wie wenn für den nämlichen Sachverhalt in *verschiedenen Sprachen* eine ungleich lautende Bezeichnung gegeben wird. Und wir können sagen, daß die Unvollständigkeit des Wissens, die man in der Vielfältigkeit des Weltbildes zu erblicken geneigt ist, nur ein durch die ganze Art unseres Wirklichkeitsdenkens ermöglichter Schein ist.

Neben diesen beiden mag noch eine *dritte Auffassung* erwähnt werden, die sich an gewisse in der theoretischen Physik geläufige Anschauungen anschließen läßt, ja sich aus ihnen ergeben würde, wenn sie in voller Konsequenz durchgeführt würden. Bei dem Bestreben, der Gesamtheit physikalischer Begriffe eine möglichst strenge methodische Ordnung zu geben, wird ja, wie bekannt, der Weg eingeschlagen, daß jeder Begriff „definiert" wird. Und zwar soll das ganze System von Definitionen auf die „unmittelbar erkennbaren" Verhältnisse als letzte Grundlage zurückgehen. Nehmen wir hier die Definition in dem Sinne, wie dies sonst üblich ist, daß durch sie die Bedeutung des betreffenden Begriffes erschöpfend angegeben werden soll, so würde das Weltbild ex definitione nur das bedeuten, was es an direkt Erkennbarem besagt. Somit würde denn von einer Vielfältigkeit der Weltbilder, von einer Mehrdeutigkeit unseres Erkennens streng genommen überhaupt nicht zu reden sein. Der Unterschied der verschiedenen Weltbilder würde verschwinden, sobald wir jeden in ihnen benutzten Begriff durch das ersetzten, was er ex definitione bedeuten soll. Während bei der an zweiter Stelle erwähnten Auffassung die Weltbilder als *begrifflich* verschiedene anzuerkennen sind und ihr Unterschied nur im Hinblick auf seine Bedeutung einer ungleichen sprachlichen Bezeichnung verglichen werden kann, würde hier das Bestehen eines *begrifflichen* Unterschiedes zu bestreiten und der Unterschied ganz eigentlich als ein solcher der Bezeichnung zu betrachten sein. Daß diese Auffassung nicht durchführbar ist, habe ich an anderer Stelle dargelegt[1]). Sie würde unser ganzes Weltbild in eine Reihe von Aussagen über jene direkt erkennbaren Verhältnisse verwandeln, und zwar zum Teil darüber, was tatsächlich wahrgenommen worden ist, vor allem aber darüber, was unter gewissen Bedingungen wahrgenommen werden würde oder wahrgenommen worden wäre. Sie würde aber einer übersehbaren Gesetzmäßigkeit und damit auch der Grundlage für diese hypothetisch behaupteten Zusammenhänge ermangeln. Es geht daraus hervor, daß die in der Physik angestrebten und gegebenen „Definitionen" zum Teil nicht solche im gewöhnlichen Sinne sind, sondern wesentlich anders aufgefaßt werden müssen. Auf diese Verhältnisse des genaueren einzugehen, ist hier nicht der Ort. Es schien mir aber nicht überflüssig darauf hinzuweisen, daß, indem wir von einer Vielfältigkeit der Weltbilder reden, wir den Boden dieser Anschauung bereits verlassen haben. Nur dann kann von einer solchen gesprochen werden, wenn wir den zur Bezeichnung der Wirklichkeit benutzten Begriffen (seien es nun die räumlichen Bestimmungen, seien es abstrakte Größenbegriffe) eine selbständige Bedeutung beimessen, so daß sie zwar zur Bezeichnung jener direkt erkennbaren Verhältnisse geeignet sind, aber nicht ex definitione in diese aufgelöst oder durch diese ersetzt werden können[2]).

Inhalt und Ergebnis der obigen Betrachtungen sei im folgenden nochmals kurz zusammengestellt.

Die Anschauung, daß wir ein zwingend und eindeutig bestimmtes physikalisches Weltbild erstreben müssen und gewinnen können, beruht auf einer Verwechselung des den sinnlichen Eindrücken (auch den täuschenden) eigentümlichen Zwanges mit der logischen Notwendigkeit, ein Verhalten in unserem endgültigen, gedachten Weltbilde anzunehmen. Diese Verwechselung wird dadurch, daß unsere Wahrnehmungen in gewissen Hinsichten eine fast unbedingte Zuverlässigkeit besitzen, begünstigt, in gewissem Maße

[1]) Logik S. 641.

[2]) Auch auf die Begriffe des absoluten Raums und der absoluten Zeit einzugehen, liegt nicht im Plane dieses Aufsatzes. Doch kommt es seiner Verständlichkeit vielleicht zugute, wenn ich darauf hinweise, daß die hier dargelegten Verhältnisse auch die in der theoretischen Physik jetzt herrschende Ablehnung dieser Begriffe als unbegründet erscheinen lassen. In der Tat werden ja jene Begriffe als unzulässig abgelehnt, wenn sie etwas „nicht Erkennbares" bedeuten. Unsere Betrachtungen lehren, daß es die hier gemeinte und geforderte Erkennbarkeit überhaupt nicht gibt. Bei einer richtigen Auffassung von der Natur des Wirklichkeits-Erkennens liegt kein Grund vor, jene Begriffe zu beanstanden, die unter andern Gesichtspunkten ganz unentbehrlich sind. Vgl. darüber Logik S. 697 f., wo auch die ganz analogen Verhältnisse des Gleichheitsbegriffes erörtert werden.

unbekannte Erscheinungen entgegentraten und ihnen trachtung unseres Wirklichkeitserkennens, ein „ganzes Weltbild" nötigt aber doch, überall die gedachten Verhältnisse und die wahrgenommenen auseinander zu halten. Und diese Trennung ist um so mehr geboten, als die Prüfung der Sinnesfunktionen lehrt, daß jene unbedingte Zuverlässigkeit in ganz strengem Sinne *keiner* Klasse unserer Wahrnehmungen zukommt. So kann unser endgültiges Weltbild nie etwas anderes sein, als die Vorstellung eines gesetzmäßig geordneten Ganzen, das den tatsächlich gegebenen Wahrnehmungen sich mehr oder weniger anschließt, vor allem aber diese selbst als Bestandteil in sich enthält und somit verständlich macht. Ein solches Weltbild hat den logischen Charakter eines aus unseren Wahrnehmungen gezogenen Schlusses oder einer zu ihrer Erklärung geeigneten Hypothese. Es ist demgemäß niemals zwingend gegeben: niemals ist die Möglichkeit auszuschließen, daß es noch andere geben könnte, die in gleichem Sinne berechtigt und befriedigend genannt werden können.

Die Forderung, als physikalisches Weltbild das und nur das festzuhalten, was uns zwingend und in eindeutiger Bestimmtheit gegeben ist, läßt sich also aus zutreffenden Erkenntnisprinzipien nicht begründen; sie ist im Gegenteil eine falsch gestellte; ihre Erfüllung ist durch die ganze Art, wie wir mittels unserer Sinneswerkzeuge die Wirklichkeit erkennen, ausgeschlossen. Wenn es aber den Anschein hat, als ob diese Forderung durch die Minkowskische Umformung erfüllt werde, so trifft dies tatsächlich nicht zu. Zunächst ist das schon insofern der Fall, als wir auch hier, wie eben allgemein erwähnt, die Einzigkeit oder Alleinberechtigung eines Weltbildes nicht erweisen können. Aber auch die mit dem Relativitätsprinzip zusammenhängende Vieldeutigkeit ist nicht eigentlich beseitigt. Freilich ist ein Begriffskreis gefunden, in dem sie nicht zur Erscheinung kommt. Aber für andere, und zwar uns ganz unentbehrliche Begriffe besteht sie unverändert weiter. Sie ist wohl *formell*, aber nicht *inhaltlich* überwunden.

Hiernach wird anzuerkennen sein, daß die Minkowskische Umformung, indem sie die Unbestimmtheit des Weltbildes zum Verschwinden bringt, ein Höchstmaß mathematischer Eleganz erreicht und insofern wohl vorzugsweise befriedigend genannt werden kann. Aber wir haben keinen Anlaß, in ihr die unbedingt zu fordernde oder allein endgültige Form des Wirklichkeitsdenkens zu erblicken.

Die Erkrankungen durch Kampfgase.

Von W. Heubner, Göttingen.

Die Anwendung von Gasen als Kampfmittel hat eine Reihe von tödlichen Verletzungen sowie Krankheitszuständen schwererer und leichterer Art zur Folge gehabt, die den Ärzten als neue und unbekannte Erscheinungen entgegentraten und ihnen neue, eigenartige Aufgaben stellten. In Wahrheit waren diese Erkrankungsformen nicht ganz neu, sondern bei Unglücksfällen in Fabrikbetrieben u. dergl. bereits vereinzelt aufgetreten. Aber diese Erfahrungen blieben oberflächlich und drangen in das Wesen der Erscheinungen nicht ein, weil kein hinreichender Anlaß vorlag, ihre Erforschung praktisch wertvoll erscheinen zu lassen; und der Anreiz des wissenschaftlichen Problems an sich wurde zurückgedrängt durch die Unlust, sich mit diesen gefährlichen Stoffen zu befassen, deren rein technische Bewältigung mit hohen Kosten und viel Umständlichkeit verbunden ist.

Ganz anders wurde das im Kriege, als leider *Massenerkrankungen* durch lebensgefährliche Gase den Ärzten durch die Hände gingen, das Beobachtungsmaterial sich also in ähnlicher Weise häufte wie bei Epidemien. Der Wunsch, zu helfen, mußte notwendigerweise — wie überall in der Medizin — den Wunsch nach Erkenntnis des Wesens der gesetzten Schädigung zum dringendsten machen; mit größtem Eifer vereinten sich Ärzte und Pathologen, um durch sorgfältiges Studium der Krankheitssymptome wie der Leichenbefunde die Erkenntnis zu fördern. Dazu kam die zwingende militärische Forderung, die die rasche und vollkommene Entwicklung der Gasschutzwaffen, vor allem der Gasmaske bedingte. Durch diese Gasschutzwaffen wurde der Umgang mit den gefährlichen Gasen ganz wesentlich erleichtert und damit die Voraussetzung geschaffen auch für experimentelle Studien über ihre Wirkungsweise.

Die Summe dessen, was in den verschiedenen angedeuteten Richtungen während des Krieges bei Freund und Feind beobachtet worden ist, stellt wissenschaftlich ein sehr wertvolles Material dar, mag man die Leiden noch so tief beklagen, die die Kampfgaserkrankungen so vielen Menschen gebracht haben. Aber wie für den Chirurgen die Kriege mit ihren Massenverletzungen eine großartige Lehrzeit zur Fortentwicklung seines Könnens bilden, die dann in Zukunft allen anderen Verletzten zugute kommt, so können auch die Leiden unserer gaskranken Soldaten manchem künftigen Kranken von Nutzen sein, nicht nur den gleichartig geschädigten Arbeitern in gefährlichen Fabrikbetrieben, sondern auch vielen anderen durch die Förderung der *Erkenntnis*, vor allem auf dem Gebiete der entzündlichen Lungenkrankheiten.

Man muß es sich vergegenwärtigen, welch seltenes, ja einzigartiges Material vorliegt: Die Krankheitsursache ist genau bekannt nach ihrer chemischen Natur, wie nach dem Zeitpunkt ihrer Einwirkung; die Art der Einwirkung ist relativ einfach, ihre Zeitdauer kurz; fast immer sind es mehrere, ja oft sehr viele Einzelpersonen, die zu gleicher Zeit, unter den gleichen Umständen betroffen wurden; die betroffenen Personen waren

vorher mit Bestimmtheit „gesund", d. h. jedenfalls soweit frei von Gesundheitsschädigungen, daß sie zu sehr beträchtlichen körperlichen und seelischen Leistungen befähigt waren.

Diese Kombination von Umständen beseitigt eine große Zahl von Zweifeln, die sich sonst bei Krankheiten der Erforschung ihrer Entwicklung, vor allem des Zusammenhangs ihres Verlaufs mit der sogenannten „Krankheitsursache" hinderlich in den Weg stellen. Gewiß bleiben bei gleicher *Qualität* der Schädigung noch vielfache Variationsmöglichkeiten übrig, die durch Verschiedenheiten der *Dosis* wie auch der individuellen Empfindlichkeit bedingt sind; jedoch sind diese erkenntnismäßig einigermaßen *beherrschbar* und beeinträchtigen daher nicht die Knüpfung des Kausalzusammenhangs. Bei dieser Sachlage ist leicht einzusehen, daß der Vergleich zwischen den Erfahrungen am Menschen und den Ergebnissen von Tierversuchen in einem Umfang und einer Vollständigkeit möglich war, wie nur selten, und der Gewinn aus diesem Vergleich auch wieder für zahlreiche andere Fälle des gleichen Gebiets der Pathologie nutzbar gemacht werden kann.

Abgrenzung des Begriffs „Kampfgas".

Die Einführung der Gaswaffe bei Feind und Freund ging ursprünglich darauf aus, dem Gegner den Aufenthalt in Räumen unmöglich zu machen, in denen er vor der Wirkung der Schußwaffen geschützt war, vor allem durch die Zufügung von Sinneseindrücken, die „unerträglich" sind und daher zur Flucht veranlassen. Dies erklärt es, warum solche Stoffe, die in der pharmakologischen Wissenschaft als „reizende" bezeichnet werden, zuerst in großem Stile Anwendung fanden. Aber auch später, als die direkte Gesundheitsschädigung oder Tötung zwecks Außergefechtsetzung mehr und mehr Hauptzweck des Gaskampfes wurde, behielt die genannte Körperklasse überragende Bedeutung und blieb solchen Stoffen überlegen, die durch „Vergiftung" im landläufigen Sinne wirken sollten, wie z. B. die von seiten unserer Feinde verwendete Blausäure. Dies hängt mit der Natur der „Reizwirkung" zusammen, zu deren Charakteristik es unter anderem gehört, daß sie bereits durch außerordentlich *geringe* Mengen wirksamer Substanz herbeigeführt werden kann; wie wichtig das für die Verhältnisse des Kampfes ist, wo das Kampfmittel in bewegter freier Luft zur Verwendung kommen muß, bedarf keiner längeren Ausführung.

Zwei Momente sind es, die es *verständlich* machen, warum gerade Reizstoffe schon in so besonders kleinen Mengen wirken:

Einmal erstreckt sich ihre Wirkung im wesentlichen auf die *Oberfläche* des Körpers; die Berührung des wirksamen Stoffes mit den empfindlichen Gewebselementen erfolgt sofort in der von außen herangebrachten Konzentration, während die sogenannten „resorptiv" wirkenden Gifte, wie etwa Blausäure, erst ins Blut aufgenommen und von ihm den giftempfindlichen Elementen, z. B. des Zentralnervensystems, zugeführt werden müssen; dabei verteilt sich aber gleichzeitig das Gift in der Gesamtmasse der Körpergewebe; die von außen an die Oberfläche des Körpers herangebrachte Konzentration wird also schon durch diese Verteilung in seinem *Volumen* sehr stark vermindert. Dazu kommen Entgiftungsvorgänge aller Art, die sich zwischen den Augenblick der Aufnahme des Giftes an der Körperoberfläche und den Augenblick seines Kontaktes mit dem giftempfindlichen Element einschieben und durch Veränderung der chemischen Natur des Giftes die zur Wirkung kommende Menge vermindern; auch die *Ausscheidungsvorgänge* bemächtigen sich natürlich eines Anteils des Giftes, während es sich noch auf dem Wege von der Körperoberfläche zum giftempfindlichen Element befindet. Alles das fällt bei den oberflächlich wirkenden Giften weg, sie kommen in ihrer Gesamtmenge unvermindert zur Wirkung.

Zum zweiten unterscheidet sich die Wirkung der typischen Reizstoffe von sehr vielen anderen akuten Giftwirkungen dadurch, daß ihre Intensität nicht *zeitlich* an die Gegenwart des Giftes gebunden ist. Von anderen Inhalationsgiften — um bei diesen zu bleiben — sei z. B. Chloroform genannt, das bekanntlich in der Narkose außerordentlich schwere Veränderungen der normalen Funktionen herbeiführen kann, die prompt zur Norm zurückkehren, sobald die Zufuhr des Mittels eingestellt wird. Prinzipiell das gleiche erlebt man bei Einatmung von Blausäure, Kohlenoxyd u. dgl. Gewiß kommen bei allen diesen Vergiftungen (denn wissenschaftlich ist auch die Narkose eine Vergiftung) auch *Nachwirkungen* vor, die mit der Ausscheidung des Giftes *nicht* sofort verschwinden, aber das ist eine verhältnismäßig nebensächliche Komplikation; im allgemeinen und wesentlichen besteht ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der Größe der Funktionsstörung, z. B. auch der Lebensgefahr, und der Menge des im Körper anwesenden Giftes. Ganz anders bei den Reizgiften: sie schließen sich im Prinzip der Art von Schädigung an, die wohl jeder einmal an sich selbst erlebt hat, der *Verbrennung*. Die Berührung eines heißen Gegenstandes, die schon infolge des sofort empfundenen Schmerzes außerordentlich kurz zu sein pflegt, hinterläßt im Augenblick vielleicht nur eine leicht gerötete, wenig empfindliche Stelle auf der Haut, aus der sich aber im Laufe von einigen Stunden eine Blase über einer Wundfläche abhebt, die äußerst schmerzhaft ist, längere Zeit zur Ausheilung braucht und die Gebrauchsfähigkeit des betroffenen Gliedes empfindlich stören kann. Der Höhepunkt der Schädigung liegt also zeitlich *viel später* als der Zeitpunkt der schädlichen

Einwirkung. Genau das gleiche zeigt uns die Wirkung des Lichtes beim Sonnenbrand, ja hier ist die Erscheinung noch sinnfälliger, weil der Schmerz zur Zeit der Einwirkung völlig fehlt. Von populären Erfahrungen mit *chemischen* Reizen sei das Jucken der Insektenstiche erwähnt, das unter Umständen noch *Tage* nach dem Stich sehr lästig sein kann, wo nach allen unseren Kenntnissen kaum noch etwas von der wirksamen *Substanz* an der Stichstelle verweilen dürfte. Reizstoffe ermöglichen es also, durch eine *kurzdauernde* Einwirkung eine *nachhaltige* Schädigung hervorzurufen; sie schließen sich also weit mehr den *verwundenden* Kampfmitteln an als andere Gifte und dies ist der zweite wichtige Grund für ihre Bevorzugung zu Kampfzwecken.

Die Kampfgase ordnen sich also der Gruppe der *Reizgase* ein. Das einzige nicht reizende Gas, das praktische Anwendung fand, war die Blausäure; nach unserer Kenntnis ist aber kein Fall einwandfrei beobachtet worden, wo infolge von Blausäureeinatmung ein Soldat außer Gefecht gesetzt worden wäre; sie kann daher mit Fug und Recht hier außer Betracht bleiben.

Zahlreiche Opfer an Menschenleben hat im Kriege das *Kohlenoxyd* gefordert: da es zu 30—60 % in den Sprenggasen der modernen Explosivstoffe vorkommt, diese Gase in ungeheuren Mengen produziert wurden und zahlreiche schlecht ventilierte Räume, Unterstände, Panzertürme u. dgl. von ihnen erfüllt wurden, so ist dies Ergebnis verständlich. Doch ist diese Kohlenoxydwirkung nur eine *unbeabsichtigte Nebenwirkung* der Geschosse und Minen, die natürlich gegenüber ihrer *mechanischen* Wirkung verschwindend ist. Als selbständiges Kampfmittel kommt Kohlenoxyd nicht in Betracht; da überdies die Kohlenoxydvergiftung eine längst bekannte Erscheinung ist, bedarf auch sie weiter keiner Erörterung in unserem Zusammenhang.

Neben dem Kohlenoxyd enthalten die Sprenggase zuweilen noch andere gesundheitsschädliche Bestandteile: die *nitrosen* Gase — im wesentlichen ein Gemisch von NO und NO_2; dies ist besonders dann der Fall, wenn Sprengstoffe nicht normal „detonieren", sondern langsamer „auskochen", „deflagrieren". Vergiftungen durch sie sind also ziemlich selten und kaum anders als Unglücksfälle besonderer Art zu bewerten; für die Statistik der Kriegsverletzungen gehören sie etwa in eine Reihe mit den Knochenbrüchen infolge Sturzes vom Pferde, Ertrinken infolge Schiffbruchs u. dgl. An dieser Stelle sei daher nur kurz gestreift, daß die Schädigung durch nitrose Gase sich zum Teil der Kohlenoxydvergiftung anschließt, insofern der Blutfarbstoff für seine physiologischen Leistungen außer Betrieb gesetzt wird, zum anderen Teil der Vergiftung durch die echten Kampfgase; denn auch sie üben eine *Reizwirkung* aus.

Allgemeine Wirkungsweise der Kampfgase.

Aus dem bereits Gesagten geht hervor, daß sich die Erkrankungen durch Kampfgase prinzipiell in *Reizzuständen der Körperoberfläche* äußern müssen. Zur Körperoberfläche gehört die Haut, die Hornhaut und Bindehaut des Auges, weiter aber auch die Begrenzung der lufterfüllten Hohlräume der Atemwege, also der Nase (und unter Umständen des Mundes), der Luftröhre und ihrer Verzweigungen (der Bronchien), endlich der Lungenbläschen. Erst an diesen Grenzflächen — mögen sie auch ins Innere des Körpers gelagert sein — trifft ja das wirksame Gas auf lebendige Substanz und kommt somit erst dort in wirkliche Berührung mit dem Körper; in der Tat ist ja auch entwicklungsgeschichtlich der atmende Hohlraum der Lunge mit seinen Zufuhrwegen nichts anderes als eine *Einstülpung* der embryonalen Körperoberfläche.

Man wird also vom ärztlichen Standpunkt aus zu unterscheiden haben: Erkrankungen der *Haut*, der *Augen* und der *Lungen*.

Neben dieser Unterscheidung nach örtlichen Angriffspunkten ist aber auch die Unterscheidung nach Intensität und Nachhaltigkeit der Wirkung von größter praktischer Bedeutung. Hier ergeben sich bei prinzipiell gleichsinniger Wirkungsweise doch sehr wichtige quantitative Differenzen sowie qualitative Besonderheiten im einzelnen für die verschiedenen Gase. Auch hier dürfte die Analogie mit populären Erfahrungen das Verständnis erleichtern: Jedermann kennt das augenblickliche schmerzhafte „Beißen" in kleinen Hautrissen der Hand, wenn diese sich etwa mit Salmiakgeist (d. h. mit Ammoniaklösung) befeuchtet, ebenso das gleichartige Beißen im Auge, das *Stechen* in der Nase bei Berührung mit den Dämpfen dieser Flüssigkeit, das den durch Zwiebeldunst, Meerrettich und dgl. erzeugten Empfindungen äußerst ähnlich ist. Im allgemeinen pflegen diese lästigen Empfindungen, die jeder möglichst rasch wieder zu beseitigen sucht, ohne irgendwelche Folgen vorüberzugehen. Die Erregung der *sensiblen* (reizempfänglichen) Nerven steht also im Vordergrunde der Erscheinung, die sonstigen Symptome der Reizung, wie Rötung und Vermehrung der Sekretionen, sind so gering und flüchtig, daß sie kaum beachtet werden. Solchen Reizungen stehen andere gegenüber, wo man den Augenblick der Einwirkung vielleicht gar nicht wahrgenommen hat und später, zuweilen erst am nächsten Tage zu seinem Erstaunen Entzündungserscheinungen auf der Haut bemerkt: durch Haare der Bärenraupen, reizende Pflanzen (Rhus toxicodendron, Primula obconica). Hier ist also die Nervenerregung so gering, daß sie nicht oder kaum zum Bewußtsein vordringt, während die anderen Symptome der Reizung sich deutlich entwickeln. Zwischen den beiden Extremen kommen alle denkbaren Übergänge, d. h. Kombinationen sofortiger Reizempfindung mit nachhalti-

gem entzündlichen Zustande vor, wie es am Beispiel der meisten Insektenstiche belegt werden kann.

Als „Entzündungen" werden in der Medizin die krankhaften Veränderungen bezeichnet, die ein Gewebe infolge von Reizen erleidet, die eine gewisse Schwelle überschreiten. Entzündung ist also auch nichts anderes als ein höherer Grad von Reizung, wenn man dies Wort im Sinne von Reiz*zustand* (nicht Reiz*vorgang*) benutzt. Zur Entzündung gehört *Rötung* infolge Erweiterung der Blutgefäße, besonders der Kapillaren, Veränderungen der Strömungsgeschwindigkeit des Blutes, vor allem *Verlangsamung,* vermehrte *Durchlässigkeit* der Kapillarwände, *Ausschwitzung* einer eiweißreichen Flüssigkeit aus den Blutkapillaren in das Gewebe oder auf die Oberfläche von Schleimhäuten usw., *Auswanderung* weißer Blutzellen aus den Blutkapillaren und weiterhin Vorgänge des *Absterbens* von Gewebsteilen infolge eines Mißverhältnisses zwischen dem Stoffumsatz im entzündeten Gebiete und der Zufuhr frischen und Abfuhr überflüssigen, ja schädlichen Materials. Welche von diesen Entzündungssymptomen im Einzelfall auftreten, hängt vor allem davon ab, wie weit der Prozeß fortschreitet, da die verschiedenen Symptome in einem ursächlichen Verhältnis zueinander stehen, zum Teil aber auch von der Natur des Reizes oder Reizstoffes; manche wirken verhältnismäßig stark auf die Durchlässigkeit der Kapillaren für Flüssigkeit, andere auf die Auswanderung der weißen Blutzellen, andere auf die Lebenstätigkeit der fixen Gewebszellen usf.

Unter den gasförmigen Reizstoffen, die als Kampfmittel Anwendung fanden, begegnen wir daher solchen, bei denen die subjektiv empfundene Reizwirkung in praxi das Beherrschende ist, und andere, bei denen nachträglich sich entwickelnde Entzündungsprozesse die Hauptsache darstellen; es bedarf keiner besonderen Betonung, daß die letztgenannten bei weitem gefährlicher sind. Unter ihnen sind wieder solche abzutrennen, die ausschließlich den *Lungen* verderblich sind, und solche, die außerdem Haut und Auge schädigen. Da diese Organe bei ihrer der Außenwelt zugekehrten Lage viel widerstandsfähiger sind, so entspricht ihre entzündliche Erkrankung dem höheren Grad einer Schädigung durch Gas. Die Reihenfolge der hier unterschiedenen drei Gruppen deckt sich auch mit der zeitlichen Folge ihrer Einführung zu Kampfzwecken.

Wie es scheint und auch von vornherein einleuchtend ist, kann eine intensivere *Haut*schädigung nur durch solche Stoffe ausgelöst werden, die nicht allzu flüchtig sind; leichtflüchtige Substanzen verlassen eben die Körperoberfläche wieder, ehe sie durch die verhornten Epidermzellen hindurch zu den reizbaren Gebilden der Haut vordringen.

Diese Betrachtung zeigt, daß die Bezeichnung „Kampfgase" nicht ganz richtig ist, insofern im „Gaskampf" keineswegs nur echte Gase, die z. B. durch den Wind dem Feinde zugeführt werden können, Anwendung fanden, sondern auch mehr oder weniger flüchtige Flüssigkeiten, ja selbst feste Körper, die mit Hilfe von detonierenden Geschossen so fein in der Luft zerstäubt würden, daß sie als schwebende Teilchen alle Bewegungen der Luft mitmachten, mit dem Winde und dem Atem wanderten, *praktisch* also sich *gasartig* verhielten.

Als letztes Unterscheidungsmerkmal unter der Zahl der Kampfgase sei endlich noch erwähnt, daß bei einigen von ihnen *außer* der Reizwirkung auch „resorptive" Wirkungen im Innern des Körpers beobachtet wurden. Diese hatten jedoch nur ausnahmsweise einen merklichen Einfluß auf den Krankheitsverlauf und können im allgemeinen gegenüber den *lokalen* Erkrankungen und ihren Folgen als gleichgültige *Nebensymptome* angesehen werden.

Die subjektiv empfundene Reizwirkung.

Die Reizung der sensiblen Nerven tritt gewöhnlich am leichtesten und frühesten auf am Auge und äußert sich in brennenden, beißenden, schneidenden Schmerzempfindungen; sie hat zur Folge unwillkürlichen Lidschluß und Tränen[1]), bei stärkerem und längerem Bestehen Rötung und Schwellung der Bindehaut. Erst höhere Konzentrationen setzen analoge Erscheinungen an den Schleimhäuten der Nase, des Kehlkopfes und der Luftröhre, was neben entsprechenden Empfindungen und vermehrter Drüsensekretion natürlich auch Nießen und Hustenstöße bedingt.

Eine Reihe von Gasen hat sich in praxi meist auf solche Wirkungen beschränkt, die dann immer nur zu *vorübergehender,* Stunden oder höchstens Tage dauernder Kampfunfähigkeit führten. Die bekanntesten von ihnen sind Chlor-, Brom- und Jodaceton, Bromxylol, Benzyljodid, Methyl- und Äthylschwefelsäurechlorid, Brom- und Jodessigester; lebhafte Reizempfindung erzeugen sie bereits bei Konzentrationen von 50—150 cbmm des *flüssigen* Kampfstoffs im cbm.

Eine besondere Stellung nimmt das Diphenylarsinchlorid ein, das bei gewöhnlicher Temperatur fest ist, aber bei feiner Verteilung in der Luft so gewaltig auf die Schleimhäute der Nase und des Rachens (weniger auf das Auge) einwirkt, wie kein anderes Gas; nur einige nähere chemische Verwandte schließen sich ihm an. Besonders lästig macht sich die Reizwirkung an den Schleimhäuten der *Nebenhöhlen* der Nase bemerkbar, die sich durch starke Schmerzen in der Stirn, im Ohre, in den Zähnen äußert. Jedoch geht auch dieser sehr störende Zustand im Laufe einer halben bis ganzen Stunde ohne Folgen vorüber.

Langandauernde Einwirkung oder wesentlich höhere Konzentrationen aller dieser Gase setzen

[1]) Die Franzosen nennen Gase mit vorwiegend solcher Wirkung: lacrimogènes.

natürlich *schwerere* Schädigungen, z. B. eitrige Bindehautentzündung, selbst Hornhautentzündung, unter Umständen mit hinterbleibenden Trübungen, ferner die typische Reizgaserkrankung der Lungen. Alles ist beobachtet worden, doch nur in sehr vereinzelten Fällen.

Die Lungenerkrankung durch mittlere Gasdosen.

Vor dem Kriege nur vereinzelt beobachtet und seinem Wesen nach unerkannt geblieben war diejenige Form der Erkrankung, die für das „Kampfgas" geradezu charakteristisch geworden ist: das *akute entzündliche Lungenödem.* Es tritt in der reinsten Form auf nach Phosgen, ist aber auch die wesentliche Folge der Einatmung von Chlor, Arsentrichlorid, Chlorpikrin, Dimethylsulfat, Chlorameisensäurechloriden, nitrosen Dämpfen sowie höheren Konzentrationen der oben genannten Reizgase; auch Ozon kann es herbeiführen, wie bereits 1892 beschrieben wurde[1]). Da Phosgen, Chlor, Dimethylsulfat und nitrose Dämpfe häufige Produkte und Reagentien chemischer Fabriken sind, so ist es begreiflich, daß Erkrankungen, selbst Todesfälle dieser Art auch in Friedenszeiten vorkommen; Phosgenvergiftungen gab es übrigens auch gelegentlich bei Ärzten, Krankenschwestern und Patienten, wenn langdauernde Chloroformnarkosen bei offenem Lichte vorgenommen wurden (Chloroform oxydiert sich dabei zu Phosgen).

Bei der Einatmung von Phosgen in hohen Konzentrationen machen sich die oben genannten, sofort subjektiv wahrnehmbaren Reizerscheinungen ebenfalls bemerkbar. Auf den Lungen entwickelt sich dann in rascherem, zuweilen stürmischem Tempo das gleiche Bild, wie es sich langsamer bei geringeren Konzentrationen einstellt. Gerade solche geringeren Konzentrationen haben im Felde oft eine verhängnisvolle Rolle gespielt, weil sie in *tödlichen* Mengen eingeatmet werden können, *ohne* daß subjektive Reizempfindungen von warnender Intensität aufträten.

In dieser Hinsicht hat sich eine höchst bemerkenswerte Gesetzmäßigkeit gezeigt: Während die subjektive Reizempfindung — wie verständlich — durchaus abhängt von der *Gaskonzentration,* die mit der Oberfläche der Augenbindehaut usf. in Berührung kommt, gilt dies für Entstehung und Schwere der Lungenerkrankung ganz und gar nicht: sondern dafür ist ziemlich streng nur die *Gesamtmenge* Gas maßgebend, die in die Tiefe der Lunge eindringt; diese wird ja aber nicht nur durch die Konzentration, sondern außerdem durch die *Zeitdauer* der Einatmung bestimmt. Mit anderen Worten, es entwickeln sich Lungenerkrankungen *gleichen* Grades, wenn eine gewisse Gaskonzentration in der einfachen Zeit, die halbe Konzentration in der doppelten, die 5-mal geringere Konzentration in der 5-fachen Zeit usw. eingeatmet wird. Damit hängt es denn zusammen, daß noch äußerst geringe Gaskonzentrationen, die zunächst keinerlei besondere Störung verursachen, bei Gelegenheit zu längerdauernder Einatmung doch noch tödlich wirken können. Nach Tierversuchen kann dazu unter Umständen z. B. noch halbstündige Atmung einer Konzentration von 0,015 mg Phosgen im Liter Luft genügen, also eine Verdünnung von 1 : 70 Millionen. In solchen Fällen verläuft die Einatmung des Gases selbst wie mehrere darauf folgende Stunden oft ohne jede ernstere Störung des Wohlbefindens, und nicht selten sind in dieser Zeitspanne noch hervorragende Kampfleistungen vollbracht worden. Erst allmählich beginnen dann Zeichen von Atemnot sich einzustellen, die sich im Laufe weniger Stunden zu den bedrohlichsten Zuständen verschlimmern können, während gleichzeitig Hustenreiz, Auswurf und Brustschmerzen, also die charakteristischen Zeichen der Lungenerkrankung hinzutreten.

Was geschieht während dessen auf den Lungen? Die experimentell-pathologische Untersuchung hat gelehrt, daß in einem ersten, mehrstündigen Stadium die Lungen auch *anatomisch* keine wesentliche Veränderung zeigen, daß aber allmählich sich überall kleine Herde von angesammelter Flüssigkeit ausbilden, die dann rasch wachsen und sich vereinigen können, um schließlich den größten Teil des Lungenraumes auszufüllen und durch zunehmende Beschränkung der Luftzufuhr tödliche Erstickung herbeizuführen. Flüssigkeitsanhäufungen an ungehörigen Stellen des Gewebes heißen in der Pathologie *Ödeme,* somit ist das Wesen der auftretenden krankhaften Störung mit dem Wort *Lungenödem* zu kennzeichnen. Die Ödemflüssigkeit erscheint wohl zunächst innerhalb des eigentlichen Lungengewebes, d. h. der Wände der lufthaltigen Lungenbläschen, tritt aber alsbald in diese über und beengt dadurch den Raum für die eingeatmete Luft; vor allem schiebt sie sich zwischen die Luft und die Blutkapillaren ein und verhindert dadurch den notwendigen Gasaustausch. Die Menge der Ödemflüssigkeit in den Lungen kann gewaltig sein; in tödlich verlaufenden Fällen macht sie gewöhnlich das *Dreifache* des ganzen Normalgewichtes der Lunge aus, in extremen Fällen sogar das 5—6-fache.

Der Prozeß ähnelt in seinem Wesen vollkommen demjenigen bei einer Hautverbrennung durch Hitze oder durch Licht, wenn diese, wie häufig, in der Weise verläuft, daß — vielleicht nach Abklingen eines ersten, kurzen Hitzeschmerzes — zunächst stundenlang nichts anderes wahrzunehmen ist als etwa eine leichte Rötung, aus der sich aber dann eine *Blase* entwickelt; denn diese stellt auch nur eine Flüssigkeitsansammlung dar, bloß wegen der äußeren anatomischen Bedingungen in anderer Erscheinungsform. In der Tat gilt die Analogie auch für die Zeitdauer der schädlichen Einwirkung, insofern sie mit dem Augenblick ihrer Entfernung vom betroffenen Gewebe definitiv ver-

[1]) *Hugo Schulz,* Arch. f. exper. Path. u. Pharmakol. 29, S. 367 ff.

schwunden ist; für die Hitzetemperatur wie für das Licht ist das ohne weiteres klar, während man bei einer chemischen Substanz zunächst zweifelhaft sein könnte, ob sie nicht im Innern des Gewebes noch lange nachwirkt. Sorgfältige physikalisch-chemische Untersuchungen haben aber festgestellt, daß das Phosgen im Augenblick seiner Berührung mit dem feuchten Gewebe auch bereits zerstört wird, indem es hydrolytisch in Kohlensäure und Salzsäure zerfällt[1]), von denen die Kohlensäure ein normales Produkt der Atmung ist, die Salzsäure aber ebenfalls sofort in einen normalen Bestandteil des lebendigen Gewebes, nämlich Kochsalz, übergeht. Ganz bestimmt ist also in dem „Latenzstadium" der Erkrankung die Lunge *frei* von schädlicher Substanz, eine solche *hat* nur *vorher* auf sie eingewirkt.

Es erhebt sich also die interessante Frage, *was* ist an den anatomisch unveränderten Lungen anders als vorher, so daß es Anlaß zu den späteren, verhängnisvollen Störungen ihrer Funktion werden kann. Da die Ödemflüssigkeit, wie immer bei abnormen Ausschwitzungen, natürlich dem strömenden Blute entstammt, so hat man seine Aufmerksamkeit der trennenden Wand, also der Umkleidung der Haargefäße zuzuwenden. Offenbar wird diese Wand abnorm durchlässig durch das einwirkende Reizgas. Jedoch wäre mit dieser Konstatierung keine befriedigende Erkenntnis dafür gewonnen, daß die abnorme Durchlässigkeit nach Entfernung des Giftes nicht durch Restitutionsprozesse zurückgeht, sondern im Gegenteil erst eigentlich zur Entwicklung kommt, würden nicht die Erfahrungen hinzugefügt, die das Studium akuter Ausschwitzungsprozesse allgemein geliefert hat: sie bekunden vor allem, daß in einem Gebiet, das einer Schädigung, einem Reize gewissen Grades unterworfen ist, die Haargefäße und die nächstgelegenen kleinen Arterien die *Fähigkeit verlieren, sich zusammenzuziehen.* Damit gehen wohl immer Änderungen der Geschwindigkeit des Blutstroms einher, deren Haupttendenz nach einer Verlangsamung geht. Ja man kann sogar sagen: wo in einem Bezirk des Kreislaufs Kontraktionsunfähigkeit der Gefäße und verlangsamte Strömung auftreten, da ist die notwendige Folge abnorme Ausschwitzung. Bei allen typischen akuten Entzündungsprozessen sind diese drei Erscheinungen zeitweilig gemeinschaftlich vorhanden und zum Teil wohl auch ursächlich miteinander verknüpft.

Wie weit diese Verknüpfung geht, und welche der drei Erscheinungen etwa als die primäre zu betrachten ist, wird im Einzelfall immer schwer zu entscheiden sein. Hier sei nur soviel angedeutet, daß die „abnorme Durchlässigkeit" so gut wie die Kontraktionsunfähigkeit der Gefäßwände deutliche Zeichen eines *Versagens* ihrer normalen Leistung darstellen, daß aber andererseits ein träger Blutstrom von vornherein die Erholung der versagenden Gewebselemente vereitelt; denn dazu wäre vor allem *beschleunigte* Zufuhr von Nährstoff und Abfuhr des Abfalls nötig. Die Gefäße sind mehr als andere Gewebsteile einem circulus vitiosus preisgegeben, da eine derartige Störung ihrer *Funktionen* immer auch ihre *eigene Ernährung* beeinträchtigt. Es mag sein, daß hier ein Grund für die relative Irreversibilität einer einmal gesetzten „entzündlichen" Kreislaufstörung liegt.

Läßt man Phosgen auf eine Körperstelle einwirken, an der eine flächenhafte Ausbreitung des Kapillarnetzes die direkte Beobachtung der Blutbewegung erlaubt, so kann man bei den geringsten deutlich wirkenden Konzentrationen erkennen, daß die Blutsäule in den Zustand der *Prästase,* d. h. in eine stundenlang verlangsamte und unstete Bewegung gerät[1]). Es ist recht wahrscheinlich, daß Gleiches auch an der Lunge geschieht, wenn auch darüber keine direkten Beobachtungen vorliegen. Ein Argument dafür liefern aber Beobachtungen bei *höheren* Dosen (vgl. unten).

In der Leiche ist die Lunge eher *blässer* als gewöhnlich; offenbar preßt die durch das Ödem erzeugte höhere Spannung des Lungengewebes das leichter bewegliche Blut rasch in andere Gefäßgebiete. Tatsächlich läßt sich in Versuchen an isolierten, künstlich durchbluteten Lungen zeigen, daß der Widerstand in der Lungengefäßbahn während des Ödemzustandes erheblich vergrößert ist — ein Zeichen des durch das Ödem auf die Gefäße ausgeübten Druckes.

Die Ödemflüssigkeit ist fast stets, auch noch längere Zeit nach dem Tode, durchweg flüssig; durch sorgfältiges Abpressen kann man also eine „Phosgenlunge" auf ihr normales Gewicht zurückbringen. Die abgepreßte Flüssigkeit ist ebenso wie der in den Luftröhrenästen hochsteigende, im Leben als Auswurf entleerte Schaum so eiweißreich wie das Blutplasma, charakterisiert sich also auch dadurch als eine *akute entzündliche Ausschwitzung;* gewinnt man diesen Schaum sehr rasch nach dem Tode, so kann man zuweilen eine nachträgliche lockere Gerinnung beobachten, womit der histologische Befund von Fibrinfäden in den ödemgefüllten Lungenbläschen übereinstimmt; die Gerinnung führt jedoch nie zu einer stärkeren Verfestigung.

Eine sehr bemerkenswerte Erscheinung ist es, daß die Durchsetzung der Lunge mit Ödemflüssigkeit niemals *gleichmäßig* erfolgt, sondern unter allen Umständen *herdförmig* beginnt und weiterwächst, während in den Zwischenräumen immer ödemfreie Bezirke bleiben, in denen die Lungenbläschen nur abnorm durch Luft gebläht sind (Emphysem). An der Leiche sieht die Lunge daher *gefleckt* aus, indem bläulich-violette, sulzig-durch-

[1]) $COCl_2 + H_2O = CO_2 + 2\,HCl$.

[1]) Vgl. *G. Ricker* in Volkmanns Sammlung klinischer Vorträge Nr. 763/67 (Innere Medizin Bd. *13*), S. 758.

schimmernde, flüssigkeitdurchtränkte Stellen mit luftgeblähten abwechseln; die Fleckung ist bei den hellrosa gefärbten Tierlungen noch viel auffallender als bei den kohlehaltigen des Menschen. Man sollte denken, das eingeatmete Gas träfe *sämtliche* Gegenden der Lunge in *gleichmäßiger* Weise und infolgedessen müsse auch die pathologische Veränderung durchgehend einheitlich sein, etwa wie bei der typischen kruppösen Pneumonie. Die Erscheinung dürfte kaum anders zu erklären sein, als daß manche Bezirke der atmenden Lunge dem Eintritt der gashaltigen Luft mehr Widerstand entgegensetzen als andere, vermutlich infolge stärkerer Kontraktion ihrer Bronchialmuskeln.

Erfolgt der Tod infolge innerer Erstickung (eigentlich *Ertränkung!*) nicht im Laufe des ersten oder zweiten Tages nach der Gaseinatmung, so geht das Ödem zurück, indem es zum großen Teil auf den Lymphbahnen abgeschoben wird. Wenigstens findet man diese immer stark aufgetrieben durch Flüssigkeit, die auch das lockere Bindegewebe der Brusthöhle (vorderes und hinteres Mediastinum) in eine halbflüssige Gallerte verwandelt. Mit dem Abstrom des Ödems bessern sich die Beschwerden, vor allem die Atemnot, doch nimmt nicht selten die Lungenerkrankung in anderer Form ihren Fortgang, indem das Ödem durch eine katarrhalische Lungenentzündung abgelöst wird; sie zeigt wiederum auf das deutlichste, daß das Ödem *entzündlicher* Natur ist, da die für sie charakteristische Auswanderung weißer Blutzellen nur einen fortgeschrittenen Grad desselben Vorgangs darstellt, der sich zunächst in Flüssigkeitsausschwitzung äußert; dies lehrt die Analogie zu den im Experiment exakt beobachteten Entzündungsprozessen. Zwar kann die Lungenentzündung durch Bakterien kompliziert werden und zuweilen noch schwere Folgen nach sich ziehen, im allgemeinen aber läuft sie *ohne* Infektion leicht fieberhaft in wenigen Tagen ab.

Während sich der geschilderte Verlauf örtlich auf der Lunge abspielt, leidet naturgemäß auch der übrige Körper aufs schwerste. Es ist leicht verständlich, daß der Luftmangel, auch wenn er noch nicht tödlich ist, doch zu Sauerstoffmangel und Kohlensäureüberladung in den Geweben führt. Blutgasanalysen haben das bestätigt. Besonders bedenklich ist solche verschlechterte Ernährung und ungenügende Befreiung von Abfallstoffen für das *Herz*, dessen Leistungsfähigkeit darunter leidet. Dazu kommt, daß mindestens das rechte Herz eine *vermehrte* Arbeit zu leisten hat, denn in den ödematösen Lungen findet ja das Blut erhöhten Widerstand, wie oben schon erwähnt wurde. Also vermehrte Ansprüche bei verringerter Fähigkeit; dies muß notwendig in Erschöpfung und damit in verminderter Leistung, d. h. in unzureichendem Ersatz des Blutes in den Geweben enden. Auch hier trifft der Schaden wieder am stärksten das Herz selbst und zuweilen tödlich.

Bei manchen Menschen gesellt sich noch eine weitere Schädigung des Kreislaufs hinzu, die man in verstärktem Maße und regelmäßiger bei Tieren mit relativ wasserarmen Geweben (Katzen) beobachten kann: eine *Eindickung* des Blutes in dem Sinne, daß die Zwischenflüssigkeit, das Plasma, sich infolge Austritts in die Lungenbläschen ganz erheblich vermindert und daher die Blutkörperchen viel dichter beieinander liegen. Dadurch vermehrt sich die innere und äußere Reibung des strömenden Blutes sehr stark und es kann sich bei gleichem Antrieb nur langsamer fortbewegen. — In den meisten Krankheitsfällen pflegt sich allerdings die ausgeschwitzte Flüssigkeit im Blute ziemlich rasch zu ersetzen.

Auch *nach* der Erholung von der Lungenkrankheit können Herz und Kreislauf noch eine Zeitlang Reste der gesetzten Schädigung aufweisen. Irreparabel scheint sie jedoch niemals zu sein.

Interessant, wenn auch nicht recht aufgeklärt, ist die Erscheinung, daß bei Katzen — viel weniger bei Menschen — eine Senkung des Blutdrucks bereits in den *ersten* Stunden nach der Phosgenatmung, also *vor* Eintritt stärkeren Lungenödems nachzuweisen ist; vermutungsweise kann man an ein infolge des Reizzustandes vermehrt gebildetes Produkt des Lungenstoffwechsels denken. Ein Argument dafür darf man vielleicht darin erblicken, daß Mensch und Tier häufig genug Zeichen einer erhöhten *Gerinnbarkeit* des Blutes (selbst intravitale Thrombosen) erkennen lassen; denn diese wird stets durch Gewebsprodukte gesteigert, und besonders stark durch solche aus der Lunge[1]).

Die Vergiftung durch hohe Gasdosen.

Krankmachende und langsam tötende Mengen der übrigen oben genannten Gase und Dämpfe wirken, soviel uns bekannt, prinzipiell in genau der gleichen Weise wie Phosgen. Freilich liegen weder aus dem Kampfgebiet noch aus dem Laboratorium für keine andere Substanz auch nur annähernd so zahlreiche und umfassende Beobachtungen vor wie für dieses. Bestimmt wissen wir aber das eine, daß bei Vergiftung mit höheren, also *rasch* tötenden Mengen die Besonderheiten der einzelnen Gase deutlicher hervortreten.

Gleichsetzen kann man dem Phosgen von den praktisch verwendeten Kampfstoffen nur das gechlorte Formylchlorid, das eine ähnliche Zusammensetzung hat, sehr ähnlich riecht und ebenso rasch durch Wasser zersetzt wird; das Vergiftungsbild bei geringen Konzentrationen deckt sich restlos mit dem durch Phosgen erzeugten. Nach der Einatmung gewisser ziemlich hoher Mengen, die aus technischen Gründen schwer exakt bestimmbar, sondern nur durch Probieren auffindbar sind, treten Erstickungs-

[1]) *R. Fischl*, Arch. f. Kinderheilk. 65, 1916, S. 188.

erscheinungen schon nach kurzer Zeit und der Tod nach wenigen Minuten ein; bei der sofortigen Sektion findet sich *kein* Ödem, doch eine hochgradige Blutüberfüllung der Lunge, an deren tiefdunkelroter Farbe auch durch Auspressen nichts zu ändern ist (beschleunigte Gerinnung?). Dieser Befund ist kaum anders zu deuten als durch die Annahme einer rasch einsetzenden „Stase", d. h. einer Verlangsamung des Blutstroms bis zum Stillstand bei gleichzeitiger beträchtlicher Erweiterung und Füllung aller kapillaren Gefäße, die meist von partiellem Austritt von Blut ins Gewebe begleitet ist. An durchsichtigen, membranartigen Körperteilen (z. B. dem Mesenterium) läßt sich solche Stase durch jede gröbere Schädigung herbeiführen und beobachten — so auch nach Aufblasen größerer Phosgenkonzentrationen[1]).

Geht man mit den Dosen des Phosgens (oder des gechlorten Formylchlorids) noch weiter in die Höhe, so gesellt sich von einer gewissen Grenze an eine ganz neue Wirkung hinzu: nämlich *Verätzung* des Lungengewebes durch Säuerung. Die Zersetzung dieser Säurechloride mit Wasser liefert dann soviel Salzsäure, daß sie nicht mehr durch das Bikarbonat der Gewebsflüssigkeit abgesättigt werden kann, sondern ihre eiweißfällende, blutzerstörende Wirkung entfaltet. Man findet dann bei der Sektion innerhalb der rot gefärbten, neutral reagierenden Lungen einige braune, *saure* Flecken — also auch hier wieder die merkwürdige Erscheinung, daß einzelne Bronchien das Gas leichter und weiter eindringen lassen als andere (vgl. Seite 252 unten bis 253 oben). Nur bei stärkster Einwirkung kann in wenigen Augenblicken die ganze Lunge gebräunt und gesäuert werden. Natürlich tritt *stets*, auch bei *partieller* Verätzung in den übrigen Lungenbezirken *Stase* auf, so daß das Leben in keinem Falle wenige Minuten überdauert. — Wiederum läßt sich auch diese Säureätzung durch Phosgen an beliebigen anderen Gewebsteilen zustande bringen[2]).

Die Säurebildung ist eine Besonderheit der Säurechloride (einschließlich Arsentrichlorid); andere Kampfstoffe, wie z. B. Bromxylol, Benzyljodid, Jodaceton, Jodessigester, Chlorpikrin, zersetzen sich äußerst langsam oder gar nicht merklich unter der Einwirkung von Wasser; einen höheren lokalen Wirkungsgrad als Stase können sie nicht erreichen. Bei Chlorpikrin (Nitrochloroform) hat man in diesen Fällen eine Komplikation dadurch, daß die Nitrogruppe mit dem Blutfarbstoff reagiert und ihn in sogenanntes *Methämoglobin* verwandelt, eine *braune* Substanz, die für die innere Atmung unbrauchbar ist. Diese charakteristische Verfärbung zeigt das Blut an der Leiche nur in den *Lungen*, zuweilen auch noch im linken Herzen, während im übrigen Körper keine Spur davon zu entdecken ist — von neuem ein Zeichen dafür, wie rasch infolge der Stase in den Lungengefäßen der ganze Blutkreislauf zum Stillstand kommen kann. Auch jenseits der Lungen ruft das Chlorpikrin in hohen Dosen charakteristische Veränderungen hervor: eine außerordentliche Beschleunigung der Blutgerinnung, so daß bei der *sofortigen* Sektion beide Vorhöfe des Herzens und die großen Arterien mit dick geronnenem Blutkuchen prall erfüllt sind. Die Herzkammern sind dagegen leer und fest zusammengezogen infolge einer unmittelbaren Wirkung aufs Herz, die auch bei mäßigeren Dosen mit Hilfe einer geeigneten Versuchsanordnung festzustellen ist. Am Zentralnervensystem und am Stoffwechsel sind gleichfalls Störungen zu erkennen, die auf eine Wirkung des Chlorpikrins *nach* seiner Resorption zurückzuführen sind. Daher kann diese Substanz auch nach reichlicher Aufnahme *durch die Haut* bei gesunden Lungen tödlich wirken.

Natürlich kommen bei solchen stark reizenden Gasen allerlei Wirkungen vor, die eine Folge des heftigen Sinnesreizes an den Atempforten sind, vor allem am Atem- und Kreislaufapparat. Der höchste Grad solcher reflektorischer Wirkung kann sogar tödlicher Herzstillstand sein: Tod im *Schock*. Er ließ sich z. B. nach Chloratmung beobachten.

Die Vergiftung durch Thiodiglykolchlorid.

Thiodiglykolchlorid wurde bereits von seinem Entdecker *Victor Meyer* als stark entzündungserregendes Mittel erkannt und von *Leber* bei seinen bekannten Entzündungsforschungen benutzt. Es unterscheidet sich jedoch von den bisher besprochenen Reizgasen dadurch, daß der subjektiv empfundene Reiz auch bei ziemlich hohen Konzentrationen ganz erheblich schwächer ist, so daß die Warnung vor der drohenden Gefahr beinahe fehlt. In dieser Hinsicht kann man die Substanz etwa dem kurzwelligen Lichte vergleichen, während die stark reizenden Gase eher der Hitze entsprechen. Die Substanz ist schwer flüchtig, ihr Siedepunkt liegt über 200°. Sie besitzt eine geringe Oberflächenspannung, ähnlich Petroleum. Mit diesen physikalischen Eigenschaften dürfte zusammenhängen, daß sie auch auf der Haut gut haftet und die Epidermis leicht durchtränkt. Die Haut wird also in ganz anderem Maße mitbetroffen wie bei allen anderen Kampfstoffen.

Pharmakologisch ist die Substanz charakterisiert durch *schleichenden Verlauf* der erzeugten Veränderungen. Sie setzen langsam ein, entwickeln sich sehr allmählich, zeigen aber dann oft eine äußerste Hartnäckigkeit und heilen nur träge. Dies kann z. T. durch die Resistenz des Giftes erklärt werden: obwohl es in reinem Wasser zersetzt wird, zwar nicht augenblicklich, doch innerhalb begrenzter Zeit (z. B. im Laufe einer halben Stunde bei 0,001 %), so läßt es sich in

[1]) Vgl. *Ricker*, S. 757.
[2]) *Ricker*, S. 756.

einer damit imprägnierten Haut bis zu 18 Stunden als gegenwärtig am Orte der Einwirkung nachweisen. Aber dies ist nicht alles: ganz gewiß wirken schwer reparable Schädigungen noch nach in Zeiten, wo jede Spur der giftigen Substanz längst entfernt ist. Prinzipiell liegt also hierin kein Unterschied gegenüber dem Phosgen. Da die Dauer des Prozesses aber eine viel größere ist und Monate betragen kann, so ist die Frage aufzuwerfen, ob die Substanz nicht Schädigungen setzt, die die Lebenstätigkeit ganzer *Generationen* von Zellen trifft, Schädigungen also, die die Einzelzelle *siech* machen, ohne sie völlig zu töten und ohne ihre Teilungsfähigkeit aufzuheben. Solche Schädigungen sind im Gebiete der *physikalischen* Energien bekannt, so bei Röntgenlicht und radioaktiver Strahlung; besonders durch Untersuchungen von *Oskar Hertwig* an den Keimzellen des Seeigels ist es klar geworden, daß die radioaktiven Strahlen der Kernsubstanz der Zellen eine schwer reversible Schädigung zufügen, die sich auf eine ganze Reihe von Nachkommen überträgt[1]). Ähnliches dürften gewisse Dosen des *chemischen* Giftes Thiodiglykolchlorid bewirken.

Diese Annahme würde auch das Verständnis für die weitere Besonderheit dieser Substanz erleichtern, in höheren Dosen unmittelbar *abtötend* zu wirken, zwar nicht durch eine grobe Ätzwirkung wie hohe Dosen von Chlor oder von Säurechloriden, sondern durch Erzeugung einer *Nekrobiose*, d. h. eines *unheilbaren* Siechtums der Gewebselemente, das nach Durchmessung einer gewissen Zeit schließlich zum Zelltod und zum Gewebstod führt. Es empfiehlt sich vielleicht von diesem *un*heilbaren Siechtum Nekrobiose das *schwer* heilbare, aber doch noch mit *Vermehrung* einhergehende Siechtum der Zellen, wie es oben erwähnt wurde, als „Pathobiose" abzugrenzen. Die Einführung des Begriffs der „toxischen Pathobiose", d. h. einer *zwischen* den typisch reversiblen und typisch irreversiblen Giftwirkungen gelegenen *schwer* reversiblen Schädigung kann für die Erkenntnis des Wesens vieler Giftwirkungen und mancher sonstiger Krankheitsvorgänge förderlich sein[2]).

Pathobiotische Vorgänge beherrschen also im wesentlichen das Bild der Vergiftung durch Thiodiglykolchlorid. Die Erscheinungen verlaufen auf der äußeren Haut anfangs etwa nach dem Bilde des Gletscherbrandes: mehrere Stunden nach einer unmerklich gebliebenen Einwirkung erst tritt eine Rötung der Haut auf, der bald auch Schwellung folgt. Oft erreicht die Schwellung beträchtliche Grade, wobei dann die Rötung allmählich eine rotviolette (venöse) Tönung annimmt. In diesem Stadium erheben sich dann *Blasen*, nicht selten von unförmlicher Größe, die mit klarer, leicht gerinnender seröser Flüssigkeit gefüllt sind. Haselnußgroße Blasen entstehen schon nach der Einwirkung von ½ mg des Giftes. Die wunde Grundfläche der Blasen ist gewöhnlich äußerst schmerzhaft und läßt nun einen markanten Unterschied gegenüber Verbrennungsblasen erkennen: statt rasch einen neuen Epithelbelag zu bilden, verharrt sie lange Zeit in einem nässenden und leicht eiternden Zustand und überzieht sich nur äußerst langsam vom Rande her mit einer neuen Deckschicht. Darin ähnelt sie mehr den schlecht heilenden Röntgengeschwüren der Haut als den Verbrennungen durch gewöhnliches Licht oder durch Hitze. Auch die Pigmentbildung während der Heilung und in der Umgebung der Geschwüre pflegt abnorm stark zu sein.

Am Auge ist wiederum die anfängliche Ähnlichkeit mit der „Schneeblindheit", d. h. der durch ultraviolette Strahlung erzeugten schmerzhaften Bindehautentzündung zu betonen; auch hier wieder ist eine Latenzperiode zwischen der oft unmerklichen Einwirkung und dem Ausbruch der Krankheitserscheinungen charakteristisch. Die Entzündung kann sehr beträchtlich werden, das Auge völlig zuschwellen und eitrigen Ausfluß absondern; auch die Hornhaut kann mit ergriffen und getrübt werden; freilich bleiben bei sorgfältiger Behandlung für die *Dauer* nur äußerst selten stärkere Störungen des Sehvermögens zurück, die jedoch im Tierexperiment erzeugt werden können. Bei solchen starken Reizzuständen ist natürlich auch die Iris und der Ciliarkörper mit ergriffen, wie unter anderem an dem hohen Eiweißgehalt des Kammerwassers erkennbar ist.

Entsprechend der starken Wirkung auf Haut und Auge befällt das Thiodiglykolchlorid intensiv auch die *oberen* Luftwege, also Mund- und Nasenhöhle, Rachen, Kehlkopf, Luftröhre und deren Hauptverzweigungen. Das Wesen der Erkrankung ist auch hier eine chronisch verlaufende katarrhalische Entzündung, in deren Verlauf sich aber eine nekrotisierende Tendenz deutlich bemerkbar macht. Das auffallendste Zeichen *leichter* Vergiftung ist *Heiserkeit* infolge Schwellung und Verschleimung der Stimmbänder; schwerste Formen ähneln der *Diphtherie*, insofern sich Beläge aus Fibrinausschwitzungen und nekrotischen Schleimhautfetzen bilden, die durch Verengerung und Verlegung der Luftwege schwere Atemnot bedingen können und nach ihrer Abstoßung schmerzende Geschwürsflächen hinterlassen. Erstreckt sich der Prozeß weit hinab bis in die kleineren Bronchien, so verläuft die Erkrankung nur selten in Heilung, da sich naturgemäß auf den abgestorbenen Gewebstrümmern auch Bakterien ansiedeln, die die Zerfallsprozesse beschleunigen und sogar in faulige Zersetzung umwandeln können, ganz abgesehen von etwaigen spezifischen Toxinbildnern, wie sie

[1]) Preuß. Akad. d. Wiss. 1910/11, S. 221.

[2]) Vgl. dazu den Terminus „*Chroniotoxie*" von *Abelous* und *Soula*, Journ. de Phys. et de Path. gener. 17, 1917, S. 157.

nicht selten nachgewiesen wurden. Auch absteigende Lungenentzündungen (Bronchopneumonien) sind häufige Folgeerscheinungen. Dieser ganze Verlauf in den späteren, mehr oder weniger sekundären Stadien der Erkrankung bietet erkenntnismäßig nichts Überraschendes.

Theoretisch viel wichtiger sind die *Anfangs*erscheinungen sowie die relativ rasch einsetzenden Wirkungen bei hohen Dosen, weil sie die Wesensart des Giftes reiner hervortreten lassen und damit auch allgemeiner der Erkenntnis ebensolcher Zusammenhänge bei Krankheitsprozessen dienen, die sich unter dem Einfluß von Giften, z. B. Bakterientoxinen, entwickeln. In dieser Beziehung ist es bemerkenswert, daß das Thiodiglykolchlorid sehr energisch auf die *Kapillaren* einwirkt, die ganz erschlaffen und durchlässig nicht nur für fibrinogenreiche Blutflüssigkeit, sondern auch für *Blutkörperchen* werden, so daß neben hochgradiger Hyperämie auch Ödem und vielfache Blutungen im Gewebe sowie die Zeichen der Blutresorption in den regionären Lymphdrüsen anzutreffen sind. Diese Wirkung auf die Blutkapillaren läßt sich auch bei Durchströmung isolierter Gefäßbezirke mit gifthaltiger Nährflüssigkeit erweisen. Es ist nicht verwunderlich, daß die Einatmung von Thiodiglykolchlorid in manchen Fällen auch zur Entwicklung des akuten Lungenödems führt ganz ähnlich wie die Phosgenvergiftung, meist allerdings unter Komplikation durch Blutungen ins Lungengewebe. Eine gewisse Verwandtschaft in der Wirkungsart beider Stoffe liegt also darin angedeutet trotz der sonstigen weitgehenden Differenzen.

Es wäre jedoch falsch zu glauben, daß die Wirkung an den Blutkapillaren etwa die eigentliche Ursache auch für die nekrobiotischen und pathobiotischen Teilerscheinungen des Vergiftungsbildes wäre, daß diese also nur aus den verschlechterten Ernährungsverhältnissen folgten. Dem widerspricht einmal der charakteristische Unterschied des Verlaufs gegenüber vielfachen sonstigen Einwirkungen, die die Gefäßwirkung mit dem Thiodiglykolchlorid teilen, zum andern aber der bestimmte Nachweis allgemeiner schwer reversibler Zellschädigung *unabhängig* von jeder merklichen Kreislaufstörung. Dieser Nachweis läßt sich führen im Stoffwechselversuch unter Vergiftung mit geringen, kaum krankmachenden Dosen der Substanz; dabei zeigt sich ein nachhaltiger, viele Tage andauernder toxischer *Gewebszerfall* — also auf chemisch-analytischem Wege das gleiche Ergebnis, das morphologisch durch Betrachtung der Heilungsvorgänge und dgl. gewonnen wurde. Denn selbstverständlich ist abnorm starker Gewebszerfall und mangelhafter Gewebsneubau nur ein verschiedener Ausdruck gleichsinnigen Geschehens.

Endlich verdient Erwähnung, daß dies interessante Gift nach seiner Resorption ins Innere des Körpers nicht nur an den Stätten des Stoffwechsels Wirkungen erkennen läßt, sondern auch an anderen, besonders nervösen Funktionen; freilich spielen solche Wirkungen nur bei Dosen eine Rolle, die auch schon wegen der *lokalen* Schädigung tötlich wären. Es zeigen sich starke Erregungen der Atmung, eigentümliche „psychische" Unruhe, Krämpfe, Taumligkeit, Erbrechen, Blutdrucksenkung und Verlangsamung des Herzschlags, im weiteren Verlaufe auch Bewußtlosigkeit; wie es scheint, lassen sich alle diese Symptome auf zentrale nervöse Angriffspunkte des Giftes zurückführen.

Betrachtet man diese Übersicht über das neubearbeitete Gebiet der Reizgasvergiftungen zusammenfassend, so erkennt man, wie innerhalb des Rahmens einer im Prinzip gleichartigen Wirkung, eben der Reizwirkung, sich recht verschiedene Formen und Grade der entstehenden Krankheitsvorgänge abgrenzen lassen. Sie entsprechen im großen und ganzen den einzelnen Arten der *Entzündung*, wie sie von den Pathologen unterschieden werden. Bei den chemischen Giften können wir meist schärfer als bei sonstigen Entzündungsursachen analysieren, wie weit die einzelnen an der Entzündung beteiligten Gewebselemente, Nerven, Gefäße und Gewebszellen von dem schädlichen Agens beeinflußt werden. Die Gase haben überdies den Vorzug, daß sie das Studium von Veränderungen am Atmungsapparat erlauben, der ja so besonders leicht von infektiösen Entzündungen befallen wird. Die Kampfgaserkrankungen sind also Musterbeispiele krankhafter Veränderungen, bei denen die pharmakologische Analyse der „Giftwirkung" zugleich der Formung, Entwicklung und Befestigung allgemeinpathologischer Begriffe dient.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Schiffsgeschwindigkeitsmesser. Die Geschwindigkeit eines Seeschiffes wird gewöhnlich in Seemeilen pro Stunde angegeben. Eine Seemeile ist eine Meridianminute = 1852,01 m. Die gebräuchlichste Geschwindigkeitsmeßeinrichtung ist das Handlogg, ein sektorförmiges Holzbrett mit beschwertem Rand, das ins Wasser geworfen wird und das eine Ende der Loggleine trägt. Die Loggleine besteht aus dem Vorlauf und der eigentlichen Meßleine, die durch Knoten abgegrenzte Meßstrecken enthält. Diese Meßstrecken laufen ab, und da man, um die Loggleine nicht zu lang zu erhalten, gewöhnlich nur eine halbe Minute lang loggt, so müßte man die Entfernung der Knoten voneinander $= \frac{1852{,}01}{2 \cdot 60} = 15{,}433$ m wählen. Zählt man in der durch das Ablaufen einer Sanduhr festgesetzten Zeit die Zahl der ablaufenden Knoten, so erhält man damit die Geschwindigkeit des Schiffes in Seemeilen pro Stunde.

Gewöhnlich wird in Deutschland und Amerika bei Verwendung eines 28-Sekunden-Glases die Entfernung der Knoten = 13,68 m, in England = 14,22 m gemacht.

Die erstere Zahl ergibt sich aus

$$\frac{1852 \cdot 28 \cdot 0{,}95}{3600} = 13{,}68 \text{ m.}$$

Der Faktor 0,95 berücksichtigt Ungenauigkeiten infolge des ca. 5 % Slips des Loggbrettchens usw.

Man nimmt an, daß man die vom Schiff zurückgelegte Distanz durch diese Meßmethode des Seemannes mit einer Ungenauigkeit von ca. 5 % ermitteln kann. Bei schlechtem Wetter ist die Ungenauigkeit natürlich größer. Etwa mit der gleichen Genauigkeit kann man aus der Schraubendrehzahl einen Schluß auf die Schiffsgeschwindigkeit bzw. Distanz ziehen.

Um die Meßgenauigkeit zu erhöhen, hat man verbesserte Geschwindigkeitsmesser konstruiert, die man einteilen kann in

1. hydrodynamische (Woltmannscher Flügel) und
2. hydrostatische (Pitotsche Röhre).

Fig. 1. Schiffsgeschwindigkeitsmesser hyrodynamischer Art (*Forbes*).

Beide Arten von Geschwindigkeitsmessern gestatten auch die zurückgelegte *Distanz* zu ermitteln und zu registrieren. Verbindet man im Koppeltisch diese Einrichtung schließlich noch mit der Meßeinrichtung für den *Kurs*, nämlich mit dem Kompaß, so erhält man die Möglichkeit, den Weg des Schiffes laufend in eine Seekarte eintragen zu lassen.

Als Beispiel eines Schiffsgeschwindigkeitsmessers *hydrodynamischer* Art sei der Forbes-Fahrtzeiger und Meilenzähler beschrieben, der in Deutschland von der Firma Anschütz & Co., Kiel-Neumühlen, geliefert wird.

In einer besonders abgeteilten Zelle des Doppelbodens, etwa um den dritten Teil der Gesamtlänge des Schiffes vom Bug entfernt, oder so nahe wie möglich an demjenigen Punkte, um den sich das Schiff dreht, wird im Schiffsboden ein Seeventil angebracht, durch das ein ca. 30 cm langes Rohr aus Manganbronze senkrecht nach unten aus dem Schiffsboden herausgeschoben werden kann. Diese Röhre hat, wie aus Fig. 1 zu ersehen ist, am vorderen Teil ihrer Mantelfläche unten und am hinteren oberen Teil je eine Öffnung. Das am Schiffsboden vorbeifließende Wasser tritt in das untere Loch ein und aus dem oberen Loch wieder aus mit einer Geschwindigkeit, die in bestimmter Beziehung zu der des Schiffes steht. In der Röhre befindet sich zwischen den beiden Öffnungen eine kleine Turbine, deren senkrechte Achse bis nach oben in die Doppelbodenzelle durchgeführt ist. Durch die Achse der Turbine wird mit einem geeigneten Vorgelege ein kleiner Gleichstromgenerator betrieben, dessen Spannung, die an einem Spannungsmesser auf der Kommandobrücke abzulesen ist, proportional der Geschwindigkeit des Schiffes ist. *Der Spannungsmesser* wird deshalb *in Seemeilen pro Stunde geeicht.*

Die Achse der Turbine betätigt ferner einen Gleichstromunterbrecher, der für eine bestimmte Anzahl von Umdrehungen der Turbine einen Stromstoß in die Leitung zum Meilenzähler schickt. Der Meilenzähler enthält einen Elektromagneten, dessen Anker bei jedem Stromstoß ein Zahnrad von hundert Zähnen um einen Zahn weiterschaltet. Die Achse dieses Zahnrades trägt einen Zeiger, der für jede zurückgelegte Seemeile einmal umläuft, da während dieser Zeit hundert Stromstöße erfolgen. In bekannter Weise ist ein zweiter Zeiger angeordnet, der für je 100 Seemeilen einmal umläuft, sowie ein Zählwerk mit 4 Ziffern für ganze Seemeilen. Bei richtiger Eichung des Ganzen kann mit dieser Vorrichtung also nicht nur die Geschwindigkeit des Schiffes in Seemeilen pro Stunde abgelesen, sondern auch selbsttätig die zurückgelegte Distanz angezeigt werden. Das aus dem Schiffsboden heraustretende Rohr mit der Turbine kann jederzeit eingezogen und wieder ausgesteckt werden.

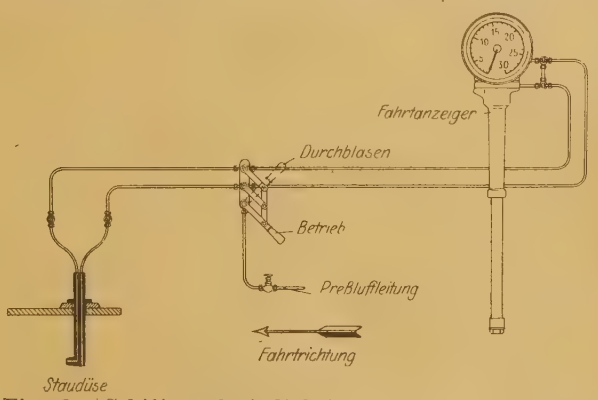


Fig. 2. Schiffsgeschwindigkeitsmesser hydrostatischer Art (*Siemens & Halske*).

Der Fahrtzeiger hat große Genauigkeit bei ausgedehntem Meßbereich und zeigt schon Geschwindigkeiten von 4 Knoten an. Er liefert genaue Angaben bei jedem Wetter, gleichgültig, wie rauh die See sein mag. Die Anzahl der zurückgelegten Meilen und die jeweilige Fahrtgeschwindigkeit können nach jedem beliebigen Punkte des Schiffes übertragen werden, und zwar können bis 6 verschiedene Ablesestellen eingerichtet werden. Etwaige Geschwindigkeitsänderungen, die von der Zunahme des Schraubenslips herrühren, können augenblicklich beobachtet und in Rechnung gezogen werden. Dies ist besonders für Turbinenschiffe sehr wichtig.

Als Beispiel eines *hydrostatischen* Geschwindigkeitsmessers sei noch die Bauart der Siemens & Halske A.-G., Wernerwerk, beschrieben.

Hier ist das Meßrohr (Fig. 2) einfach die Kombination einer Pitotschen Röhre, d. h. einer rechtwinklig geknickten Düse, die ihre Öffnung senkrecht gegen die Fahrrichtung des Schiffes kehrt, und eines in unmittelbarer Nachbarschaft dieser Düsenöffnung angebrachten Druckrohres, dessen Öffnungsfläche senkrecht zur Öffnung der Pitotschen Düse steht. Auf die Öffnung der Pitotschen Röhre wirkt infolge der Relativbewegung des Schiffes gegen das Wasser ein Druck h, der gleich der Geschwindigkeitshöhe $\frac{v^2}{2g}$ der Relativgeschwindigkeit v ist und außerdem der statische Druck gleich der Tiefe h_1, der Meßstelle unter dem Wasserspiegel; der Gesamtdruck ist also

$$h_2 = \frac{v^2}{2g} + h_1.$$

Auf die Öffnung des Druckrohres wirkt nur der Druck h_1. Verbinden wir beide Meßrohre mit einem Quecksilberdifferenzdruckmanometer (Fig. 3), so daß

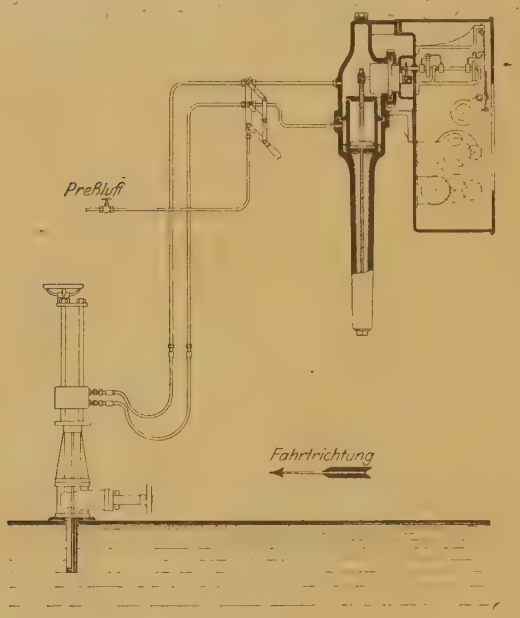


Fig. 3. Zum Schiffsgeschwindigkeitsmesser. Von *Siemens & Halske.*

nur die Differenz der beiden Drucke zur Wirkung kommt, so erhalten wir die Geschwindigkeitshöhe h und aus ihr die Schiffsgeschwindigkeit

$$v = \sqrt{2gh}.$$

Im Quecksilbermanometer ist ein Schwimmer vorgesehen, der eine Zahnstange trägt, diese betätigt ein Zahnrad, wodurch die Höhenverstellung des Quecksilberspiegels in eine drehende Bewegung umgewandelt wird. Diese Bewegung wird nach außen unter Vermittlung einer magnetischen Kupplung übertragen und entweder durch einen Zeiger auf einem Zifferblatt in Seemeilen pro Stunde abgelesen (Fahrtzeiger) oder durch eine Schreibfeder auf einen Papierstreifen, welcher durch ein Uhrwerk über ein Schreibgestell abgerollt wird, als Fahrtgeschwindigkeit aufgezeichnet (Fahrtregistrierer). Der Fahrtzeiger kann mit elektrischer Fernübertragung versehen werden, womit gleichzeitig 3—4 Fernanzeiger betrieben werden können. *Stauch.*

Die Nauennummer der Telefunken-Zeitung. Georg Graf *von Arco*, der bekannte Erfinder auf dem Gebiete der Hochfrequenztechnik und Direktor der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, vollendete im August v. J. das fünfzigste Lebensjahr. Aus diesem Anlaß hat die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie die im August vorigen Jahres herausgekommene Nummer ihrer Telefunken-Zeitung sowohl äußerlich wie auch inhaltlich besonders reich ausgestattet und sie fast ausschließlich der unter der Leitung von Graf *Arco* durchgeführten Entwicklung der Großstation Nauen gewidmet.

In einem einleitenden Aufsatz weist der Direktor der „Transradio" *O. Betz*, der Nauen heute gehört, auf die Wiedereröffnung des direkten Funkverkehrs zwischen Nauen und Nordamerika hin und drückt anschließend daran die Erwartung aus, daß der wiedererwachende Weltverkehr das Band sein möge, welches die Völker der Erde von neuem zusammenführen und damit den Wiederaufbau der Welt ermöglichen wird.

Einem Gedicht, welches den verstorbenen deutschen Bahnbrechern der drahtlosen Telegraphie *Hertz*, *Slaby* und *Braun* gewidmet ist, schließt sich eine ausführliche Lebensskizze des Grafen *Arco* an. Wir erfahren, wie Graf *Arco* schon in den frühesten Jahren sich zu den Mysterien der Technik hingezogen fühlte, aber trotzdem erst die Offizierslaufbahn ergriff, ehe er auf Anraten von Geheimrat *Riedler* von der Technischen Hochschule in Charlottenburg Assistent in dessen Konstruktionsbüro wurde. Sein Studium (1893—96) führte ihn mit *Slaby* zusammen, auf den *Marconis* Versuche in England einen derartig tiefen Eindruck gemacht hatten, daß er sich entschloß, auch seinerseits das Gebiet der drahtlosen Telegraphie intensiv zu bearbeiten. Er lud Graf *Arco* ein, ihm hierbei zu assistieren, und als Graf *Arco* diesen Vorschlag annahm, war hiermit die Grundlage für die Entwicklung des Systems *Slaby-Arco* geschaffen, welches später in Verbindung mit dem System *Braun-Siemens* zur Schaffung des bekannten Telefunkensystems führte.

Im nächsten Artikel ergreift Graf *Arco* selbst das Wort. In dem Aufsatz „Die modernen Sender ungedämpfter Schwingungen in der drahtlosen Telegraphie" stellt Graf *Arco* Vergleiche über die Verwendbarkeit ungedämpfter und gedämpfter Sender an, sowohl hinsichtlich der erreichbaren Energieausnutzung und der Wellenlängen, wie auch in bezug auf die erzielbare Abstimmschärfe. Sehr eingehend bespricht er dann die heute üblichen drei Erzeugungsmöglichkeiten für ungedämpfte Schwingungen: Bogenlampe, Hochfrequenzmaschine und Kathodenröhre, von denen die letztere auch für den Empfang gerade ungedämpfter Schwingungen eine große Rolle spielt.

Besonders mit der in Nauen aufgestellten 400-MK-Hochfrequenzmaschine beschäftigt sich auch *W. Dornig*, der in einem reich mit Lichtbildern und Skizzen ausgestatteten Artikel Wirkungsweise und Wirkungsgrad sowohl der Maschine wie der dazugehörenden Drosseln, Kondensatoren, Transformatoren, wie auch der Variometer- und Tastrelaisanlagen zur Darstellung bringt. Er weist nach, daß auch eine solche Anlage nach den allgemeinen Grundgesetzen der Wechselstromtechnik erbaut ist und arbeitet.

Auch über die Entstehung von Nauen erfahren wir Mannigfaches. *E. Quäck* (So ward Nauen) beschreibt die vier Entwicklungsstufen der Nauenanlage: 1906 bis 1909 Knallfunkenanlage mit ca. 10 kW Antennen-

leistung; 1909—11 tönender Löschfunkensender von 25 bzw. 35 kW, 1911—16 Löschfunkensender von 80 bzw. 100 kW und Hochfrequenzmaschine von 100 kW Antennenleistung; von 1916 Hochfrequenzmaschinenanlage von 400 kW und 150 kW. Die Reichweite ist damit auf 20 000 km angewachsen.

Geheimrat *Muthesius*, der das Gebäude in Nauen geschaffen hat (1918), setzt dann auseinander, welche Probleme der Architekt zu lösen hatte, um eine Bauform zu finden, die die erforderliche Massigkeit mit einem ingenieurmäßigen Gepräge verbindet, ohne jedoch bei ihrem Anblick an ein Theater, einen Bahnhof oder eine Konzerthalle zu erinnern. Welche Schwierigkeiten dann bei der Ausführung dieses Baues, dem durch den Krieg allerlei Hindernisse und Verzögerungen bereitet wurden, entstanden sind, wird in einem anderen Artikel behandelt. — Einen besonderen Abschnitt in der Baugeschichte Nauen bildet auch die allmähliche Entwicklung der für die Antennengebilde benötigten Gittertürme. *F. Bräckerbohm* schildert den „Turmbau in Nauen", beginnend mit dem Jahre 1906, in dem der erste 100-m-Turm errichtet wurde. Anschaulich beschrieben wird dann der im Jahre 1911 erfolgte Zusammenbruch des auf 200 m erhöhten Turmes, sowie der Neubau des jetzigen 260-m-Turmes.

Der letzte Artikel technischen Inhalts ist von Dr. *Esau* geschrieben und behandelt „Die Empfangsanordnung für Duplexbetrieb in Geltow", die für den Verkehr mit Amerika als Empfangsstation für Nauen dient, während Nauen selbst lediglich als Sendestation fungiert, so daß es für diesen Zweck nunmehr 24 Stunden täglich zur Verfügung steht.

„Die Bedeutung der Großstation Nauen für den Orient während des Krieges" würdigt Hauptmann *Schlee*, während *B. Schuchardt* allgemein „Nauen im Kriege" schildert und Hauptmann *Meydam* eine humorvolle Skizze aus dem Militärleben der Vorkriegszeit in Nauen gibt. Auch den Schluß des großen Weltdramas erleben wir: „Die Revolutionstage in Nauen" führen uns vor Augen, wie die Station von der revolutionären Regierung besetzt und benutzt wurde.

Erwähnt seien noch „Die Stadt Nauen" aus der Feder eines Nauener Bürgers, die Betrachtungen über „Nauen in der Auslandspresse" und die an *Kurd Laßwitz* erinnernde phantastische Skizze „Hier Mars — hier Erde".

Die Frage nach der Hydratnatur der Zeolithe. In Heft 15 v. 11. April vor. J. der „Naturwissenschaften" referiert *W. Eitel* über die Versuchsergebnisse einer „Wiederwässerung" an teilweise entwässerten Zeolithen nach den Veröffentlichungen *Beutells*, *Blaschkes* und insbesondere *Stoklossas*, nach denen diese Zeolithe sich wie echte Salzhydrate verhalten und demgemäß durch gewisse Temperaturintervalle hindurch einen molekularproportionalen Wassergehalt innehalten (Existenzbereiche der Hydratstufen), während bisher die Vorstellung galt, daß der Wassergehalt der Zeolithe in Abhängigkeit von der jeweiligen Temperatur und dem Wassergehalte der Umgebung *kontnierlichen* Änderungen unterworfen sei.

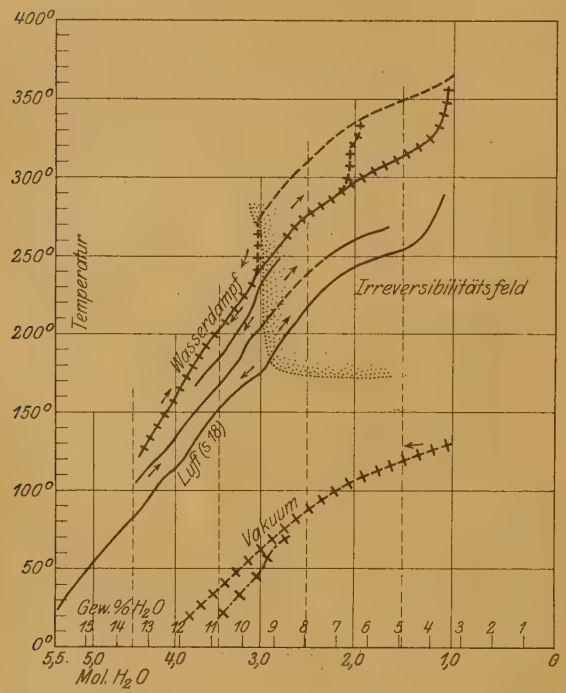
In Anbetracht der großen allgemeinen, kristallstrukturellen und physikalisch-chemischen Bedeutung, welche diesen Umständen zukommt, habe ich (im W.-S. 18/19 und weiterhin bis jetzt) eine Wiederholung der von *Stoklossa* am Heulandit von Berufjord (Island) ausgeführten Experimente, die an der oben angegebenen Stelle mit ihrer Kurvendarstellung der gefundenen 11 Hydrate speziell referiert wurden, versucht, was um so dringlicher erwünscht war, als *Stoklossa* für seine Auffassung des Heulandits wie auch jeweils bei anderen Zeolithen nur eine einzige Versuchsreihe angibt. Ich benutzte zu dieser Nachprüfung absichtlich die von ihm angegebene Apparatur; diese erwies sich aber als nicht einwandfrei. Daher arbeitete ich später eine Anzahl von Versuchsreihen nach verbesserten Methoden des Entwässerungs- und Wässerungsverfahrens aus. Wie ich schon im April d. J. *Stoklossa* mündlich mitteilen konnte, erwies sich, daß sich seine Versuche nicht mit übereinstimmendem Erfolge wiederholen ließen: es ergaben sich in den absoluten Werten ähnliche, in dem Beziehungsverhältnisse zueinander grundsätzlich abweichende Ergebnisse.

Es erscheint mir mit Hinblick auf das angezogene Referat in dieser allgemeiner interessierenden Frage geraten, schon jetzt, vor der Drucklegung meiner ausführlichen Arbeit, deren Hauptergebnisse hier kurz zu berichten, um dem Eindruck zu begegnen, das in Rede stehende Problem sei mit jenen Untersuchungen, wie *Stoklassa* stark betont, im Sinne der „Hydrattheorie" gelöst.

Aus 6 isobaren (Vakuum, bei verschiedenen Temperaturen mit Wasser gesättigte Luft, Wasserdampf) und 3 isothermen Versuchsreihen ergab sich folgendes (vergl. Figur):

1. Heulandit (mehrerer Fundpunkte) führte in Zimmertemperatur bei grober Körnung oder nicht zu feiner Pulverung recht übereinstimmend an 5,5 Mol Wasser, wenn Nebenwirkungen bei der Wasserbestimmung ausgeschlossen wurden.
2. Nach teilweiser Entwässerung innerhalb gewisser Temperaturen läßt er sich bis zum Ausgangsgehalt wiederwässern; bei Atmosphärendruck liegt die Grenze der vollen Wiederwässerungsmöglichkeit (Reversibilität) bei einem Entwässerungsstadium von ca. 3 Mol Wasser (Temperaturen je nach dem umgebenden Medium 180 °—286 ° C). Im Vakuum auf ein Mol entwässerter Heulandit (180 °) war *voll* wieder wässerbar.
3. Die bei den Versuchen in Luft (bei verschiedenen Temperaturen mit H_2O gesättigt) erhaltenen Kurvenzüge der Entwässerung und Wiederwässerung zeigten keinerlei bestimmten Existenzgebieten des *pt*-Diagramms entsprechende Hydratstufen. Jeder durch Temperatur und H_2O-Gehalt der Umgebung gegebenen Bedingung entsprach eine bestimmte Wasserführung des Zeoliths, indem alle gefundenen Kurvenpunkte sich bei wiederholter Einstellung der gleichen Bedingungen auf die gleiche, bei geänderten Bedingungen auf beziehungsgleiche Punktlage in stetigem Linienzuge anordneten.
4. *Entwässerungskurven und (im Reversibilitätsbereich) Wiederwässerungskurven waren idente Linien innerhalb einer sehr geringen Fehlergrenze. Die gewonnenen Linien stellen darum echte, durch Einengung von zwei Seiten her und durch Wiederholung experimentell gewonnene Gleichgewichtsverhältnisse dar.* Auch im Irreversibilitätsfelde ordnen sich die Schlußeinstellungen der Wassergehalte in geschlossene stetige Linienzüge.
5. An einigen Punkten molekularer Proportionalität treten ganz leichte Einbiegungen der Kurven auf, besonders bei 3 Mol H_2O (Grenze zuverlässiger Reversibilität); falsche Gleichgewichte, die sich immer in die echte Gleichgewichtslage überführen ließen, bevorzugten ebenfalls „Hydratstellen".

Hiernach erscheinen *Stoklossas* Hydratstufen (seine Kurvenstücke liegen übrigens auf falsch berechneten Molwerten) nicht haltbar. Meine Untersuchungen am Heulandit lassen vielmehr deutlich heraustreten, daß die Auffassung der Zeolithe als „feste Lösungen" von Silikat und Wasser, wie es von *F. Rinne* bereits 1898 erschlossen wurde, größte Wahrscheinlichkeit für sich hat. Den Feinbau der untersuchten Zeolithsubstanz wird man sich dabei so vorstellen können, daß den H_2O-Bauelementen eine feinstdisperse raumgittermäßige Verteilung zwischen den Punktsystemen des Silikatgitters zukommt, entsprechend den von *A. Johnsen* und *F. Rinne* geäußerten Ansichten. Ver-



Zur Entwässerung und Wiederwässerung des Zeolitha (*Heulandit*).

ringerung und Vermehrung dieses beweglicheren Elementes innerhalb der gegenseitig fester verankerten des Zeoliths geschähe dann, obwohl die Strukturen der Raumgitter grundsätzliche Diskontinuierlichkeit erfordern, in so feiner Sprunghaftigkeit, daß für analytische Methoden praktisch der Eindruck eines Kontinuums entsteht. Es ist durchaus plausibel, daß dabei unter Erhaltung der Stetigkeit des Konzentrationswechsels einfach molekulare Verhältnisse von Silikat zu Wasser eine gewisse Bevorzugung erfahren. Die Entwässerung unter dem Einflusse höherer Temperaturen bringt (wie bei Salzhydraten und Gelen in gleicher Weise bekannt ist) eine Beschränkung der Wiederaufnahmefähigkeit für ausgetretene H_2O-Gruppen mit sich (Irreversibilität der Entwässerung bei Kurve s 18 ab 186° C durch Hemmung der Wiederwässerung), vielleicht beruhend auf der Verengerung (Schrumpfung) und Erstarrung des Silikatgitters[1]), indem die stofflichen Nahewirkungen (leptonische Felder im Sinne *F. Rinnes)* sich verstärken und der Beweglichkeit des Quellungsmittels Widerstand leisten. — Somit stellten die Zeolithe interessante Übergänge dar von den stetig veränderlichen „festen Lösungen" zu den sprunghaft wechselnden „chemischen Verbindungen"; ihre feinstdisperse Art erklärte ihr an Gele erinnerndes Verhalten. *K. H. Scheumann.*

[1]) Schon *Cornu, Rinne, Zambonini* stellten Quellungs- und Schrumpfungserscheinungen an Zeolithen fest.

Die künftige Erz- und Kohlenversorgung Deutschlands. Über die Wirkung der Friedensbedingungen auf die Erz- und Kohlenversorgung Deutschlands machte Geh. Bergrat Prof. *Dr. Krusch* gelegentlich der letzten Tagung der Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute interessante Mitteilungen. Er wies zunächst darauf hin, daß die Entziehung eines erheblichen Teiles unserer Kohlen- und Eisenerzvorräte, die die Grundlagen unserer Industrie sind, das Hauptmittel der Entente zur Knebelung Deutschlands ist. Er schilderte hierauf die Bedeutung der in den abzutretenden Gebieten liegenden nutzbaren Lagerstätten im Vergleich zu den Gesamtvorräten Deutschlands. Danach stellen sich unsere eventuellen Verluste folgendermaßen dar:

1. Oberschlesien.

a) Eisen: 0,4 % des Eiseninhalts unserer Bergwerkerzeugung und 0,17 % unserer gewinnbaren Erzvorräte;
b) Blei-Zinkerze: 76,3 % des Zinkinhalts und 54,4 % des Bleiinhalts unserer Bergwerkerzeugung;
c) Steinkohlen: 22,8 % unserer Steinkohlenförderung und 40 % unserer Vorräte.

2. Saargebiet.

Steinkohlen: 6 % unserer Jahresförderung und rund 3 % unserer Vorräte.

3. Elsaß-Lothringen.

a) Eisen: 71,7 % des Eiseninhalts unserer Bergwerkerzeugung und 77,4 % unserer gewinnbaren Eisenerzvorräte;
b) Steinkohlen: rund 3 % unserer Förderung und rund 1 % unserer Vorräte;
c) Kali: rund 10 % unserer Erzeugung und unsere Monopolstellung;
d) Erdöl: 2 % der Deckung unseres Bedarfs.

4. Kreise Eupen und Malmedy.

Blei-Zinkerze: 1,6 % des Zinkinhalts und 0,4 % des Bleiinhalts unserer Bergwerkerzeugung.

5. Posen und Westpreußen:

Kleine Braunkohlenvorräte, die für die unmittelbare Umgebung wichtig sind.

Diese Zusammenstellung zeigt besonders deutlich, welch ungeheuer großer Verlust uns bevorsteht, wenn die Abstimmung in Oberschlesien zugunsten Polens ausfallen sollte. Die hierdurch bewirkte montanwirtschaftliche Schwächung unseres Vaterlandes wäre so außerordentlich groß, daß sich die Folgen davon noch gar nicht absehen lassen.

Zum Schluß seiner Ausführungen kritisierte Geh. Bergrat *Krusch* noch die wirtschaftlichen Maßnahmen der Regierung während des Krieges sowie die „revolutionäre Wirtschaftsprobierkunst" des letzten Jahres, deren Erfolg ein völlig negativer bisher war. Die Vorkriegswirtschaft, der Deutschland seine jetzt zerronnene Weltmachtstellung verdankt, müsse recht bald wieder zu ihrem Recht kommen, denn nur eine freie Montanindustrie könne die schweren Schäden der Wegnahme wichtiger Wirtschaftsgebiete möglichst abschwächen. (Metall und Erz 1919, S. 293—294.) *S.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner,* Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 14/15. (Seite 261—292) **9. April 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Aus der Biologie der Purpurbakterien. Von *Johannes Buder, Leipzig.* (Mit 2 Abbildungen.) S. 260.

Pflanzenmetamorphose und Abstammungslehre. Von *Hugo Fischer, Essen a. d. R.* S. 268.

Elektrizitätsversorgung der Schweiz. Von *Hans Roth, Zürich.* S. 271.

Über die Koagulation kolloider Lösungen. Von *Arne Westgren, Göteborg,* und *Josef Reitstötter, Wien.* S. 277.

Besprechungen:

Steffen, Hans, Westpatagonien. Von *B. Brandt, Belzig.* S. 281.

Passarge, Siegfried, Die Grundlagen der Landschaftskunde. Von *Kurt Hassert, Dresden.* S. 282.

Abel, O., Die Stämme der Wirbeltiere. Von *Fr. Drevermann, Frankfurt a. M.* S. 283.

Walther, J., Allgemeine Paläontologie. Von *O. Abel, Wien.* S. 283.

Zuschriften an die Herausgeber:

Über den Zusammenhang einiger physikalischer Eigenschaften mit der Elektronenordnung in den Elementen. Von *Stefan Meyer, Wien.* S. 284.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:

Panamakanal. S. 284.

Deutsche Ornithologische Gesellschaft:

Bestandsveränderung schlesischer Vögel. S. 285.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

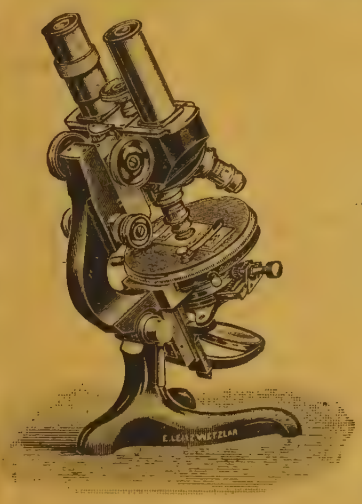
Tiergeographische Strandbeobachtungen von der Westküste Südamerikas. Darstellung und Eigenschaften des freien Rhodans. Isotope Elemente. Neue Ergebnisse in der Gärungschemie. S. 286—291.

Astronomische Mitteilungen:

Die Helligkeit des Planeten Saturn. R. Aquarii. Beobachtung sehr heller Polarflecke des Planeten Venus. Ein neuer Vertreter des seltenen U-Geminorum-Typus. S. 291—292.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.



Binokulares Mikroskop mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren

Mikrophotographische und Projektionsapparate

Mikrotome, Lupen und Lupenmikroskope ❖ Prismenfernrohre.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 18.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.20.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztewelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.
Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a. Rh.

Zoologische Station Büsum,
Nordsee.

Laboratorien Arbeitsplätze
Ferienkurse Aquarium
Präparate Lehrmittel
Seetierversand (198

Verlag der
„Schriften der Z. S. B. für Meereskunde".
Drucksachen auf Wunsch.

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope
Gg. Leisegang Berlin — *Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.* / *Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche* / *Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)*

Insektenkunde *von Prof. Kolbe.* *M 14.—, geb. M 15.50*
Blütenbiologie *von Prof. Löwe.* *M 6.—, geb. M 7.*
(Teuerungszuschlag 50%.) (180)
Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin S. W. 68.

Mineralien, Gesteine, Petrefakten,
Einzelstücke und Sammlungen,
alle naturwissenschaftlichen Lehrmittel
Dr. Paul Michaëlis
Sächs. Mineralien- u. Lehrmittelhandlung
Dresden-Blasewitz 2, Schubertstraße 8
Liste 1919 über Mineralien, Gesteine u. Petrefakten kostenlos.

Die Anschaffung des
Handwörterbuchs der Naturwissenschaften

10 Bände in Halbfranz 1200 Mk., Auslandspreis 3000 Mk., erleichtert durch Verteilung des Betrages auf mehrere Jahre oder Amortisation in 10% Monatsraten. Das Werk wird sofort vollständig geliefert. Ein Band gern zur Ansicht.
H. Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Das Wesen der psychiatrischen Erkenntnis
Beiträge zur allgemeinen Psychiatrie. I.
Von Dr. **Arthur Kronfeld**
Preis M. 30.— (und Sortimentszuschlag)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 9. April 1920. Heft 14/15.

Aus der Biologie der Purpurbakterien.

Von Johannes Buder, Leipzig.

Kaum eine der Organismengruppen, die man heutzutage unter dem Namen Bakterien zusammenfaßt, kann sich mit den Purpurbakterien an Mannigfaltigkeit und Tragweite der Probleme messen, die sich an sie knüpfen. Greifen sie doch fast alle über das engere Gebiet der Bakteriologie hinaus und stellen den Morphologen und Systematiker wie den Physiologen und Chemiker vor Fragen, deren Beantwortung von großem Allgemeininteresse ist. Gleichwohl hat man sich seit den grundlegenden Arbeiten *Winogradskys* (1888) und *Engelmanns* (1883/88) doch nur verhältnismäßig wenig mit ihnen beschäftigt. Die merkwürdigen Eigenschaften dieser Organismengruppe sind infolgedessen auch weiten Kreisen der Biologen nur sehr oberflächlich bekannt. Ich komme daher der Aufforderung der Redaktion dieser Zeitschrift, über die Purpurbakterien im Anschluß an meine Untersuchungen[1]) zu berichten, gern nach.

Schon als *Lankester* (1873) die „pfirsichblütrot gefärbten" Mikroben zum ersten Male als Bakterien ansprach, knüpfte sich an sie ein Problem von großem Allgemeininteresse, die Frage nach der Wandlungsfähigkeit der Art. *L.* glaubte, daß die in seinen Infusen aufgetretenen Formen: Zoogloeen, kuglige und unregelmäßige Aggregate von Coccen, kurze und lange, gerade und gekrümmte Stäbchen, Vibrionen, Spirillen u. a. m. — daß all' diese mannigfachen Formen sich eine aus der anderen bilden könnten und somit zu einer einzigen Art (*Bacterium rubescens*) gehörten, die durch den Besitz eines besonderen, purpur- bis pfirsichblütroten Farbstoffes, des *Bakteriopurpurins,* von allen anderen Bakterien unterschieden sei. (Der Farbstoff ist im Plasma der lebenden Zelle gleichmäßig verteilt und durch ein eigentümliches Spektrum charakterisiert.) *F. Cohn* dagegen und mit ihm andere Forscher traten dafür ein, daß es sich um ebensoviele Arten handelte, als man Formen unterscheiden könnte. Nur dadurch entstünde der Eindruck spezifischer Zusammengehörigkeit, daß sie alle gleichzeitig oder kurz hintereinander auf engstem Raume vergesellschaftet auftreten. *Lankesters* Auffassung wurde aber noch viele Jahre später von mancher Seite mit Nachdruck vertreten, bis *Winogradskys* klassische Untersuchungen diesen Lehren ein Ende machten. Durch sorgfältige Kulturen auf Objektträgern, die dauernd mikroskopisch kontrolliert wurden, verfolgte er Schritt für Schritt den Entwicklungsgang vieler Formen und fand, daß die morphologische Plastizität der Purpurbakterien nicht größer sei als die aller anderen Bakterien. Damit war der Lehre vom Polymorphismus der Bakterien die letzte ernsthafte Stütze entzogen.

Mit der Erledigung dieses Problems sind die morphologisch-entwicklungsgeschichtlichen Reize der Purpurbakterien aber keineswegs erschöpft. Haben doch gerade *Winogradskys* Studien uns eine ganze Zahl höchst merkwürdiger Kolonietypen gewissermaßen nur vorgestellt, deren nähere Bekanntschaft noch aussteht. Ich erinnere beispielsweise an die eigentümliche Gattung *Amoebobacter* mit ihrem rätselhaften Bewegungsmechanismus — sie bildet Schwärme, deren Umriß beständig amöbenartig wechselt — und *Thiodyction,* dessen einzelne Zellen bald zu einem zierlichen Netzwerk ausgespannt, bald zu regellosen Haufen zusammengeballt sind. Von großem Interesse ist auch die Tatsache, daß viele der mannigfachen Kolonieformen, die bei den Purpurbakterien auftreten, sich bei den chlorophyllführenden Chlorobakterien und bei den Cyanophyceen wiederfinden.

Ferner sei daran erinnert, daß zu den Purpurbakterien auch die größten Einzelbakterien gehören, die wir kennen. *Thiospirillum jenense,* das schon *Cohn* das Mammut unter den Bakterien nannte, erreicht bei einer Dicke von ca. 3,5 μ eine Länge von 50—100 μ. Auch die großen *Chromatien,* z. B. *Chr. Okeni* (ungef. 20 × 5 μ), gehören zu den Giganten unter den Bakterien. Es ist verständlich, daß bei diesen Arten vielerlei Strukturen sich leichter und bequemer erkennen lassen als an Bakterien gewöhnlichen Schlages, und es steht mit Sicherheit zu erwarten, daß hier noch mancherlei Interessantes entdeckt wird. Bisher ist freilich nur ein Gebilde näher studiert worden, und zwar mehr von physiologischen als morphologischen Gesichtspunkten aus, das Geißelsystem, das bei Thiospirillum jenense so derb ist, daß es bereits 1836 von *Ehrenberg* gesehen wurde! *E.* berichtet: „Ein sehr feiner Rüssel ist von mir als Bewegungsorgan mehrmals deutlich erkannt worden." Fast ebenso gut sichtbar ist das Geißelsystem bei Chromatium. Genauer wurde aber Form und Funktion dieser Geißeln erst 1915 mit

[1]) Zur Kenntnis des Thiospirillum jenense und seiner Reaktionen auf Lichtreize (1915, Jahrb. f. wiss. Bot. *56*) — Bakteriospektrogramme von Purpurbakterien (1918, Ber. D. Bot. Ges. *36*, 103) — Zur Biologie des Bakteriopurpurins und der Purpurbakterien (1919, Jahrb. f. wiss. Bot. *58*); *dort auch ausführlicher Literaturnachweis!*

Hilfe der Dunkelfeldbeleuchtung studiert. Ohne mich auf Einzelheiten einzulassen, will ich nur erwähnen, daß Chromatium ein äußerst typisches Beispiel für *Bütschlis* Theorie schraubiger Geißeln verkörpert, an dem sich alle Konsequenzen dieser Theorie aufs bequemste studieren lassen. Bei Thiospirillum liegen die Verhältnisse ähnlich, nur ein wenig verwickelter. Th. jenense zeigt eine deutliche polare Differenzierung. Die beiden Enden des schraubigen Körpers sind verschieden gestaltet; das Geißelsystem, aus mindestens 20 Einzelgeißeln bestehend, sitzt nur an einem Ende des Körpers. Bei normaler Funktion sind alle Geißeln zu einem einheitlichen Gebilde zusammengelegt. Das Merkwürdige ist nun, daß der Organismus trotz der erwähnten Polarität imstande ist, gleichgut und beliebig lange nach beiden Richtungen zu schwimmen, mit dem Geißelpol vorn oder hinten. Beim Wechsel der Schwimmrichtung, der spontan erfolgen oder durch kontrollierbare Reize hervorgerufen werden kann, wird die Rotationsrichtung der Geißelschraube umgeschaltet. Dabei klappt der kuppelförmige Schwingungsraum der Geißel „wie ein überschnappender Regenschirm" über den Körper zurück. Gelegentliche Beobachtungen zeigten mir, daß eine ganz ähnliche Mechanik auch bei den gewöhnlichen, zweipolig begeißelten Spirillen vorliegen kann, deren Verhalten bisher anders geschildert wurde[1]).

Weitaus das größte Interesse bieten nun der Stoffwechsel und die Reizbeantwortung der Purpurbakterien, insbesondere ihre Reaktionen auf Lichtreize, Gebiete, die zuerst von *Winogradsky* und *Engelmann* studiert wurden. Einerseits war es die Anwesenheit von Schwefel in ihrem Körper, anderseits der Besitz des roten Farbstoffes, was die genannten Forscher veranlaßte, diesen Organismen besondere Aufmerksamkeit zu schenken und die Frage aufzuwerfen, welche Rolle Schwefel und Farbstoff in ihrem Lebensgetriebe spielen möchten.

Winogradsky glaubte, daß alle Purpurbakterien die Fähigkeit hätten, Schwefel zu speichern; allein schon *Lankester* hatte Formen beschrieben, die zweifellos schwefelfrei waren, und *Engelmann* stellte das von *Esmarch* isolierte, ebenfalls schwefelfreie *Spirillum rubrum* mit Recht zu den Purpurbakterien; aber erst *Molisch* wies mit Nachdruck auf die Existenz einer großen Zahl von Purpurbakterien hin, die niemals Schwefel in sich ablagern. Auf der anderen Seite ist, wie *Winogradsky* und seine Vorgänger wußten, das Vorkommen von Schwefel im Zellleibe nicht auf Purpurbakterien beschränkt, sondern auch bei farblosen Formen, von denen die Fadenbakterien *Beggiatoa* und *Thiothrix* die bekanntesten sind, verwirklicht.

[1]) Nach neueren, zur Zeit noch im Druck befindlichen Untersuchungen von *P. Metzner* (Jahrb. f. wiss. Bot. *60*, 325) ist dieser Modus in der Tat auch für zweipolig begeißelte Formen die Regel!

Wir müssen also auseinander halten:

1. Schwefelführende farblose Bakterien = *Thiobacteria*, z. B. *Beggiatoa* und *Thiothrix*;
2. schwefelführende Purpurbakterien = *Thiorhodaceae*, z. B. *Chromatium*, *Thiospirillum*, *Amoebobacter* u. a. m.;
3. schwefelfreie Purpurbakterien = *Athiorhodaceae*, z. B. *Rhodospirillum*, *Rhodobacillus*, *Rhodococcus* u. v. a.

Die Gruppen 1 und 2 haben also den Besitz des Schwefels, die Gruppen 2 und 3 den des Farbstoffes gemeinsam. Uns interessieren hier natürlich nur die beiden letzten Gruppen, die man auch unter dem Namen *Rhodobacteria* (= Purpurbakterien) zusammenfaßt, die erste nur insofern, als ihr bereits genauer studierter Stoffwechsel ein Licht auf die Rolle des Schwefels bei den Thiorhodaceen werfen kann.

Gegenwärtig empfiehlt es sich, die schwefelführenden und schwefelfreien Purpurbakterien scharf zu scheiden. Die typischen Vertreter beider Gruppen gehören offenbar ganz verschiedenen ökologischen Kategorien an und weichen in wesentlichen Punkten ihres normalen Stoffwechsels weit voneinander ab[1]).

Die typischen *Thiorhodaceen* sind unter natürlichen Verhältnissen darauf angewiesen, H_2S zu spalten, S in sich aufzuspeichern und weiter zu oxydieren. Sie benötigen also zu ihrer Entfaltung den Schwefelwasserstoff, bedürfen aber keiner organischen Nahrung. Alles spricht dafür, daß sie autotroph sind: sowohl ihr Vorkommen in manchen Schwefelquellen, die nur spurenweise organische Substanz führen, als auch die zuerst von *Winogradsky*, neuerdings von *Skene* durchgeführten Kulturversuche. Auch meine eigenen Erfahrungen bewegen sich durchaus in dieser Richtung. *W.* nahm auf Grund seiner Versuche an, daß die Schwefelbakterien (gleichviel ob farblos oder rot) Kohlensäure assimilierten und die zu ihrer Spaltung nötige Energie aus der Oxydation des Schwefelwasserstoffes zu Schwefel und weiter zu Schwefelsäure gewönnen. Man nennt einen derartigen Typus der CO_2-Assimilation, wo also durch irgendwelche andern exothermischen Prozesse im Stoffwechsel des Organismus die Energie für die Spaltung der CO_2 gewonnen wird, *Chemosynthese*, im Gegensatz zur *Photosynthese* der chlorophyllhaltigen Pflanzen, für die das Licht die Energiequelle ist[2]). Es ist nun sehr wichtig, daß für die farblosen Schwefelbakterien neuerdings an Reinkulturen der einwandfreie Nachweis geführt wurde (durch *Keil*), daß *W.* hier das Richtige getroffen hat;

[1]) Das schließt natürlich die Existenz von vermittelnden Typen nicht aus.

[2]) Chemosynthetische CO_2-Assimilation ist heute für eine ganze Reihe verschiedener Bakteriengruppen bekannt. Die dabei maßgebenden exothermischen Prozesse sind von Fall zu Fall verschieden und zeigen in ihrer Gesamtheit eine reiche Abwechslung. Näheres darüber z. B. in dem Aufsatz von *Lieske* über kohlenstoffautotrophe Bakterien, diese Zeitschr. 1914, S. 914.

um so mehr Grund für die Annahme, daß der H_2S und seine Oxydation bei den Purpurbakterien die gleiche Rolle spielt. Reinkulturen liegen zwar zurzeit noch nicht vor, ihre Erlangung dürfte aber gegenwärtig auf keine unüberwindlichen Schwierigkeiten stoßen. — In ihrem Vorkommen sind die Thiorhodaceen nicht auf die Schwefelquellen beschränkt, ebensowenig wie die Beggiatoen, sondern treten überall dort auf, wo sich unter sonst günstigen Umständen in der Natur H_2S in geeigneter Konzentration findet, vor allem in stagnierendem Süß- oder Brackwasser und in ruhigen Meeresbuchten, wo organische Massen verwesen. Bisweilen gelangen sie zu sehr auffallender Massenentwicklung und bilden auf dem Faulschlamm oft Quadratmeter große purpurrote Flecke. Man darf aber aus dem Vorkommen in unmittelbarer Nähe der sich zersetzenden organischen Massen nicht etwa den Schluß ziehen, daß sie nun auch auf sie als Quelle organischer Nahrung angewiesen seien. Dieser Schluß ist, wie ich zeigte (l. c. 1919. S. 532 ff.), für sie ebenso trügerisch wie für die in ihrer Gesellschaft befindlichen Beggiatoen und andre unzweifelhaft autotrophe Organismen.

Den schwefelführenden Purpurbakterien stehen die schwefelfreien, die *Athiorhodaceen* gegenüber, deren typische Vertreter, z. B. Rhodospirillum, niemals, auch nicht bei reichlicher Gegenwart von H_2S, Schwefel speichern, dagegen aber auf die Anwesenheit organischer Nährstoffe angewiesen sind. Ihre üppigste Entfaltung erreichen sie, wenn ihnen in Zersetzung begriffene Eiweißsubstanzen zur Verfügung stehen. Sie sind sehr leicht in großen Mengen zu erhalten, wenn man Fleisch, Blut, Knochen, gekochtes Ei, aber auch Mist, Heu und dergleichen in Gefäßen, die mit Flußwasser beschickt oder mit Grabenschlamm geimpft sind, dem Lichte aussetzt. Vertreter dieser Gruppe lassen sich auch leicht in Reinkultur erhalten. Schon im Jahre 1887 war es *Esmarch* gelungen, sein *Spirillum rubrum* zu isolieren. Zwanzig Jahre später zeigte dann *Molisch*, daß eine ganze Zahl anderer Athiorhodaceen in ähnlicher Weise zu kultivieren sind. In der Natur finden die Athiorhodaceen ihre Entwicklungsbedingungen überall da, wo sich organische Substanz in Gegenwart des Lichtes unter Abschluß des Sauerstoffes zersetzt. Sie sind nach *Molischs* und eigenen Erfahrungen sehr verbreitete Bürger unserer Gewässer, scheinen aber im allgemeinen nicht zu so reicher Massenentfaltung zu neigen, wie die roten Schwefelbakterien.

Gemeinsam ist den beiden Gruppen der Purpurbakterien der Besitz des eigentümlichen Pigmentes, dem sie ihren Namen verdanken, und gewisse damit zusammenhängende physiologische Eigenschaften: die Förderung ihrer Entwicklung durch das Licht und die Fähigkeit, in der seit *Engelmann* bekannten Weise auf Veränderung der Lichtstärke durch bestimmte Bewegungsreaktionen zu antworten. Diese Reaktionen verlaufen unter natürlichen Verhältnissen stets so, daß die Bakterien an Stellen relativ hoher Helligkeit angesammelt werden, worin ja eine offenbare ökologische Beziehung zur Förderung ihres Wachstums durch das Licht zu sehen ist.

Der Farbstoff der Purpurbakterien wurde als ein besonderer, von anderen, äußerlich ähnlichen Bakterienpigmenten verschiedener Komplex zuerst von *Lankester* erkannt, der ihn *Bakteriopurpurin* nannte. Er verknüpfte mit diesem Namen nicht die Vorstellung eines chemisch einheitlichen, wohldefinierten Körpers, sondern wollte nur eine biologische Bezeichnung des Gesamtfarbstoffes geben und hegte die bestimmte Vermutung, daß sich dieser, ähnlich wie das Chlorophyll, aus mehreren verschiedenen Komponenten zusammensetzte. Diese Vorstellung, die auch alle späteren Autoren teilten, war völlig berechtigt. Es gelang bisher, den Komplex in zwei Komponenten zu zerlegen, eine rote, das *Bacterioerythrin* und eine grüne, das *Bacteriochlorin*. Nach *Molisch* tritt das Bacterioerythrin in zwei Modifikationen auf, α und β, die sich durch ihr spektroskopisches Verhalten unterscheiden. Ob sie nebeneinander bei derselben Art auftreten können, oder das eine an diese, das andere an jene gebunden ist, bedarf noch eingehender Untersuchung. Ebenso muß noch festgestellt werden, ob das Bakteriochlorin, wie man bisher glaubte, ein einheitlicher Körper ist, oder ob es sich dabei — ähnlich wie beim Chlorophyll — um ein Gemenge einander nahestehender Farbstoffe handelt. Das Spektrum des in Alkohol gelösten Bakteriochlorins zeigt einen scharfen Absorptionsstreifen bei *D*, und Endabsorptionen im Rot und Violett. Über die chemische Natur des Farbstoffes wissen wir zurzeit noch gar nichts außer der Tatsache, daß es nicht zu den Chlorophyllen gehört. Das Bakterioerythrin ist in Schwefelkohlenstoff und Chloroform löslich und zeigt drei Absorptionsbänder im Grün und Blau, deren Lage je nach dem Lösungsmittel etwas verschieden ist. Seine Löslichkeit, sein Verhalten gegenüber verschiedenen Agentien wie Schwefelsäure, Salpetersäure, Jodjodkalilösung usw., seine Kristallisierbarkeit und auch sein spektroskopisches Verhalten sprechen, wie *Molisch* mit Recht betont, sehr dafür, daß es zur Gruppe der Carotinoide gehört.

Das sichtbare Spektrum der lebenden Bakterien läßt im ganzen 6 Absorptionsbänder erkennen (vgl. Fig 1 a): eine Endabsorption im Rot (1), das scharfe Band bei *D* (2), drei weitere Bänder im Grün und Blau, bei *E* (3), vor *F* (4) und zwischen *F* und *G* (5), schließlich die Endabsorption im Violett (6). In seinen wesentlichen Zügen entspricht es also einer Kombination der Spektra der beiden Komponenten. Dazu kommt noch eine, von *Engelmann* 1883 entdeckte, sehr beträchtliche Absorption im Infrarot, ungefähr

zwischen 750 und 950 μμ Wellenlänge mit einem Maximum bei etwa 850 μμ.

Aus gewissen Beobachtungen, auf die weiter unten zurückzukommen sein wird, schließe ich mit größter Wahrscheinlichkeit, daß in dieser Zone drei getrennte Absorptionsbänder liegen, die etwa den Streifen der Fig. 1 b im Infrarot entsprechen. Direkte Messungen über die Absorption in diesem Gebiet, das unserer unmittelbaren Wahrnehmung durch das Auge verschlossen ist, lassen sich ja nur mit Bolometer oder linearer Thermosäule ausführen. *Engelmann* hat auch

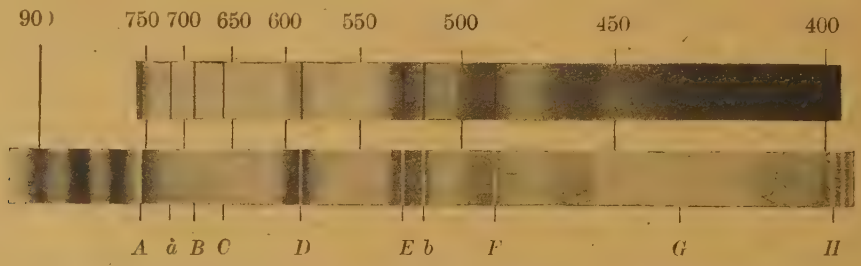


Fig. 1. Absorptionsspektrum lebender Pupurbakterien, darunter die Ansammlungen der Bakterien im Spektrum.

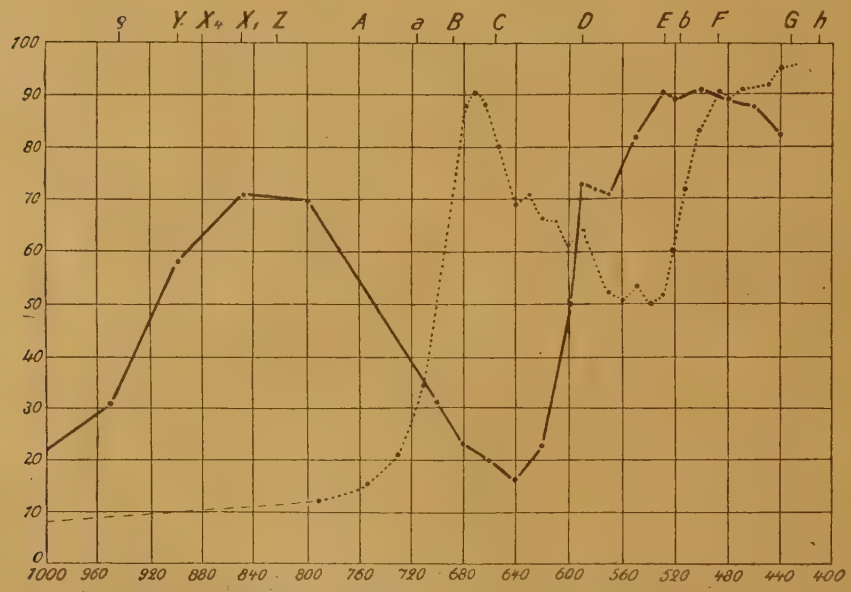


Fig. 2. Absorptionskurve des Bakteriopurpurins (ausgezogene Kurve) und des Chlorophylls lebender Blätter (punktierte Kurve).

schon auf diesem Wege die ersten Schritte getan. Das Ergebnis seiner Messungen ist in Fig. 2 (die ausgezogene Kurve) dargestellt. Aus ihr ist freilich nur der Verlauf der Absorption in großen Zügen ersichtlich; die einzelnen gemessenen Punkte dieses Spektralbereiches liegen zu weit auseinander, um den genauen Gang der Absorption und die Lage sekundärer Täler und Gipfel, die den Bändern der Fig. 1 b entsprächen, erkennen zu lassen. Welches der Pigmente, die den Bakteriopurpurinkomplex zusammensetzen, die Absorption im Infrarot veranlaßt, ist noch nicht sicher festgestellt [1]).

Wie schon erwähnt, spielt das Licht im Leben der Bakterien eine wesentliche Rolle. Sie findet ihren auffälligsten Ausdruck darin, daß die beweglichen Arten (bzw. die beweglichen Entwicklungsstadien) sich an Orten günstiger Helligkeit ansammeln. Das Zustandekommen solcher Ansammlungen beruht auf der eigenartigen Reaktion, die das Geißelsystem ausführt, wenn die Beleuchtungsstärke des Bakterienkörpers plötzlich herabgesetzt wird. Dann tritt eine vorübergehende oder dauernde Umschaltung der Rotationsrichtung der Geißelschraube ein, wodurch natürlich die Bewegungsrichtung des Körpers umgekehrt wird.

[1]) Die Lösungen des Bakterioerythrins sind für das ganze fragliche Gebiet, die des Bakteriochlorins für seinen größten Teil durchlässig. Ob dies auf eine Veränderung des Farbstoffes bei der Extraktion zurückzuführen ist, oder ob außer dem Bacteriochlorin noch ein weiteres Pigment mit starker Absorption im Infrarot vorhanden ist, müssen künftige Untersuchungen entscheiden.

Bei den verschiedenen Spezies bestehen in der Art und Weise des Reaktionsverlaufes gewisse Unterschiede. Man kann sie aber alle unter dem Begriff der „Schreck"- oder Umkehrreaktion (phobotaktische Reaktion) zusammenfassen, wobei „Schreck" und „Phobos" natürlich nur bildlich zu verstehen sind und nicht etwa „psychische" Phänomene beschreiben sollen. Alle diese phobo-phototaktischen Reaktionen laufen darauf hinaus, daß ein Übergang aus einem gegebenen helleren in ein dunkleres Areal verhindert wird. So kommt es, daß ein scharf begrenzter heller Fleck, den man z. B. in einem Präparat der Bakterien, das sonst weniger hell ist, erzeugt, wie eine Falle wirkt (*Engelmanns* „Lichtfalle"). Die Bakterien, die ihn auf ihrer Bahn zufällig kreuzen, können unbehindert in ihn eintreten — ihn aber nicht verlassen. Da nun nach und nach die Mehrzahl von ihnen in den Lichtfleck hineingerät, sammeln sie sich dort rasch in großer Menge an. Das nähere quantitative Studium dieser Reaktionen ist bereits angebahnt. Es dürfte für unsere Einsicht in das Wesen der Orientierungsbewegungen der niederen Organismen von fundamentaler Bedeutung werden. Wir wollen aber hier diese Fragen nicht näher erörtern, sondern im Anschluß an das über die Absorption des Bakteriopurpurins Gesagte ein anderes Problem in den Vordergrund rücken, die Bedeutung der Wellenlänge für die phobotaktischen Reaktionen. Da hat die Untersuchung ergeben, daß grundsätzlich Strahlen aller Wellenlängen zwischen etwa 950 und 350 μμ wirksam sind. Das ist ein außerordentlich weiter Bereich, wenn man bedenkt, daß unser Auge im allgemeinen nur für Wellenlängen zwischen 750 und 400 μμ empfindlich und der Wahrnehmungsbereich für viele höhere und niedere Tiere sogar noch beschränkter ist, daß die phototropischen Krümmungen der Pflanzen ebenfalls an ein viel engeres Areal des Spektrums gebunden sind und daß schließlich für die Assimilationsarbeit des Chlorophylls auch nur Wellenlängen unter 700 μμ eine nennenswerte Rolle spielen. Die Wirksamkeit der Strahlen des ganzen weiten Gebietes ist aber, wie ja von vornherein zu erwarten stand, nicht gleich stark. Vielmehr besteht eine ganz deutliche enge Beziehung zwischen der Empfindlichkeit der Purpurbakterien und der Absorption des Lichtes durch ihren Farbstoffkomplex. Das gilt auch für das Infrarot. Es genügt zur Herbeiführung sehr ausgiebiger Reaktionen z. B. schon, aus dem Lampen- oder Tageslicht nur einen Teil des wirksamen Infrarot fortzunehmen, ohne daß man gleichzeitig das sichtbare Spektralgebiet merklich zu schwächen braucht!

In einem Spektrum, das man auf einen mit Purpurbakterien beschickten Objektträger projiziert, sammeln sie sich vor allem im Infrarot zu einem oder mehreren dichten Streifen an. Diese Stellen sind im Vergleich zu ihrer unmittelbaren Umgebung für die Bakterien offensichtlich besonders „hell" und wirken daher wie eine Lichtfalle. Im sichtbaren Spektrum bilden sich ebenfalls Ansammlungen von Bakterien. Sie entsprechen in allen Fällen genau der Lage der Absorptionsbänder des Bakteriopurpurins, wie es die Fig. 1 erkennen läßt. Die Ansammlungen der Fig. 1 b sind für das Infrarot und das sichtbare Gebiet nach verschiedenen Einzelversuchen in ein Spektrum von gleicher Dispersion (für das sichtbare Gebiet!) wie das Absorptionsbild (1 a) eingetragen, damit sich die Koinzidenz bequemer übersehen läßt. Ich habe die Ansammlung der Bakterien in kleinen und großen Spektren unter Verwendung von Prismen und Gittern genauer studiert und bin zu dem Resultat gekommen, daß offenbar überall eine weitgehende, enge Beziehung zwischen Absorption und Empfindlichkeit besteht. Aus Raumgründen kann ich hier auf die näheren Bedingungen für das Zustandekommen der Ansammlungen und die für ihre Beurteilung maßgebenden Gesichtspunkte nicht näher eingehen, will aber eine Eigenschaft der Bakteriospektrogramme doch wenigstens noch kurz erwähnen: die Abbildung der Fraunhoferschen Linien. Verwendet man nämlich Sonnenlicht für diese Versuche, so werden in Spektren geeigneter Dimension die dunklen Linien von den Bakterien ausgespart. Sie führen ja beim plötzlichen Übertritt in ein energieärmeres Gebiet ihre phobotaktische Reaktion aus; die dunklen Linien bleiben also bakterienfrei und erscheinen dem bloßen Auge auf dem rötlichen Grunde als scharfe, farblose Striche. Besonders die Linien *A, D, E, b, F* werden sehr rasch und scharf wiedergegeben; aber auch die übrigen starken und zahllose feinere treten unter günstigen Umständen im Präparate auf. Sie bleiben auch keineswegs auf das sichtbare Gebiet beschränkt; *K, L, M, N* im Ultraviolett sind unschwer zu erhalten. Weit eher aber als diese Linien, oft schon nach wenigen Sekunden Exposition, erscheint im Infrarot die homogene Bakterienschicht eines frischen Präparates von zahllosen Linien durchzogen. Es ist ein ungemein überraschendes und höchst fesselndes Schauspiel, die Bakterien in diesem Gebiete, das unserer unmittelbaren Wahrnehmung und den üblichen photographischen Platten völlig verschlossen ist, so fein reagieren zu sehen!

Die Koinzidenz der Ansammlungen mit den Absorptionsbanden, die ja, wie wir oben hörten, zum Teil dem Bakteriochlorin, zum Teil dem Bakterioerythrin angehören, zeigt, daß diese Körper in ihrer physiologischen Wirkung für die Bakterien das gleiche Endergebnis haben. Mehr kann man freilich zurzeit nicht sagen und es bleibt zunächst noch unentschieden, ob die Pigmente an den chemischen Prozessen, die den phobotaktischen Reaktionen zugrunde liegen, in untereinander ähnlicher Weise beteiligt sind, oder in verschiedener. Es wäre ja sehr wohl denkbar, daß nur *ein* Pigment, z. B. das Bakteriochlorin, der eigentliche Träger der maßgebenden chemischen Umsetzungen

sei, das Bakterioerythrin hingegen nur sekundär, als Sensibilisator für die grünen und blauen Strahlen wirkte. Jedenfalls ist aber an der physiologischen Wirksamkeit des Bakterioerythrins nicht zu zweifeln. Ich hebe das hervor, weil der Farbstoff zu den Carotinoiden gehört, also zu derselben Gruppe wie die gelbroten Begleiter des Chlorophylls, von denen *Willstätter* noch kürzlich behauptete, es sei für sie überhaupt kein Einfluß auf die Lebensvorgänge nachgewiesen.

Welchen Sinn hat nun die Anwesenheit der Farbstoffe und die große Lichtreizbarkeit der Purpurbakterien für ihren Haushalt? Denn daß diese Eigenschaft dafür gänzlich belanglos, also eine zufällige Erscheinung und gleichsam nur zum Vergnügen der Reizphysiologen da sei, wird niemand ernsthaft glauben! Schon die ersten Beobachter unserer Organismen haben denn auch eine Förderung von Wachstum und Entwicklung durch das Licht feststellen können, Erfahrungen, die die Folgezeit bestätigte und die sowohl für die Thiorhodaceen wie die Athiorhodaceen gelten, wenigstens wenn sie sich unter normalen Umständen entwickeln. Es liegen nämlich einige Beobachtungen vor, daß sie unter gewissen Kulturbedingungen wenigstens zeitweilig auch ohne Licht auskommen können. Das Licht ist demnach zwar eine, namentlich unter natürlichen Verhältnissen, wesentliche, aber doch nicht so unerläßliche Bedingung für ihr Gedeihen, wie für die Chlorophyll führenden Autotrophen.

Die Frage, worauf denn nun die Förderung der Entwicklung durch das Licht beruht, und welche Rolle die Pigmente dabei spielen, ist experimentell noch nicht endgültig geklärt und wir sind zurzeit nur auf Wahrscheinlichkeitsschlüsse angewiesen. *Engelmann*, der die Frage zuerst aufwarf, nahm an, daß der Bakteriopurpurinkomplex ähnlich wie das Chlorophyll CO_2 assimilierte und versuchte, auf verschiedene Weise diese Hypothese auch experimentell zu begründen. Obgleich vieles für eine solche Deutung seiner Versuchsergebnisse spricht, hat man sich aber von *Winogradsky* an bis in die jüngste Zeit meist gegen jene Annahme gesträubt. Das liegt daran, daß ja für beide Gruppen der Purpurbakterien noch eine andere Möglichkeit zur Deckung des Kohlenstoffbedarfes gegeben ist: für die Thiorhodaceen die Chemosynthese, für die Athiorhodaceen die unmittelbare Verwertung organischer Substanz. Dazu kommt erschwerend, daß für die ersten die Anwesenheit von H_2S, für die zweiten die organischen Nährstoffe eine conditio sine qua non zu sein scheinen, während ja — wenigstens unter gewissen Umständen — das Licht nicht absolut unerläßlich ist. Nun kann man die Annahme machen, daß die Chemosynthese einerseits, die Nutzbarmachung der organischen Nahrung andererseits durch das Licht unter Vermittlung der Pigmente irgendwie gefördert werde. Aber eine solche Annahme bedeutet nur eine bloße Umschreibung des alten, längst bekannten Tatbestandes, solange wir uns über das „Irgendwie" nicht eine fester umgrenzte Vorstellung machen. Bei der Umschau nach einer solchen muß man im Auge behalten, daß in beiden Gruppen die an die Pigmente geknüpften Vorgänge schließlich gleiche Glieder in der Kette der sonst abweichenden Stoffwechselvorgänge sein dürften. Jedenfalls ist es von vornherein sehr unwahrscheinlich, daß Licht und Pigmente gerade hier eine verschiedene Rolle spielen sollten, während hinsichtlich der Reizbewegungen offenbar eine völlige Identität, die sich zum Teil bis auf Einzelheiten erstreckt, besteht. Ein unvoreingenommenes Studium der einschlägigen Erfahrungen unter Berücksichtigung der ökologischen Verhältnisse am natürlichen Standort läßt nun *Engelmanns* Vermutung in einem neuen Lichte erscheinen. Es ist vielleicht weniger der Kohlenstoff als vielmehr der Sauerstoff, auf dessen Erlangung die photochemischen Prozesse abzielen. Sowohl die schwefelführenden wie die schwefelfreien Purpurbakterien treten unter natürlichen Verhältnissen an Orten auf, wo freier Sauerstoff so gut wie völlig fehlt. Nun benötigen aber die Purpurbakterien den Sauerstoff zur Durchführung von Oxydationen, vor allem die Thiorhodaceen zur Oxydierung von H_2S zu H_2SO_4. Woher bekommen sie ihn? Sollte nicht gerade die Lichtenergie zu seiner Abspaltung ausgenützt werden? Die Auswahl unter den Verbindungen, die als Sauerstofflieferanten zunächst in Frage kommen, ist nicht sehr groß und unter ihnen spricht das meiste für Karbonate bzw. freie CO_2. Damit wären wir also im Prinzip wieder auf *Engelmanns* Annahme zurückgekommen: auf eine photochemische Zerlegung der CO_2, wobei aber der Sauerstoff in der Regel nicht frei, sondern sofort in den Stoffwechsel einbezogen wird. Daß sich die Photosynthese *Engelmanns* und die Chemosynthese *Winogradskys* nicht gegenseitig ausschließen, habe ich a. a. O. (1919) näher beleuchtet und dabei auch auf die ökologischen Vorteile hingewiesen, die bei einer solchen Auffassung den Thiorhodaceen aus dem Besitz der Farbstoffe gegenüber den farblosen Thiobakterien erwachsen. Dort ist auch ausgeführt, wie sich auf der anderen Seite die präsumptive CO_2-Zerlegung der Athiordaceen mit ihrer Abhängigkeit von organischen Substanzen verträgt.

Damit wäre dem Bakteriopurpurinkomplex nicht nur für die phototaktischen Reaktionen, sondern auch für die Prozesse des aufbauenden Stoffwechsels eine wesentliche Rolle zugewiesen. Es ist dies ein recht bemerkenswertes Ergebnis und steht in auffallendem Gegensatze zu dem, was wir von den analogen Eigenschaften der chlorophyllhaltigen Pflanzen wissen. Zwischen dem Chlorophyll und den typischen phototropischen Reaktionen besteht bekanntlich gar kein unmittelbarer Zusammenhang. Die roten Strahlen, die für die Assimilation so sehr ins Ge-

wicht fallen, sind für die Reizbewegungen ganz unwirksam. Die den beiden Phänomenen der Photosynthese und des Phototropismus zugrundeliegenden photochemischen Reaktionen haben also andere Empfindlichkeitskurven und sind offenbar prinzipiell voneinander verschieden. Bei den Purpurbakterien scheint hingegen ein und derselbe photochemische Prozeß gleichzeitig ein Glied in der Kette des Assimilationsvorganges wie in der Reizkette der phototaktischen Reaktionen zu sein. Manches spricht dafür, daß der mit Hilfe der Pigmente durch das Licht abgespaltene Sauerstoff unmittelbar in den Chemismus des Bewegungsapparates eingreift.

Soviel über den Versuch, von der Bedeutung des Pigmentkomplexes für den Stoffwechsel der Purpurbakterien ein einheitliches Bild zu gewinnen; ein Bild freilich, nur in gröbsten Umrissen und mit vielen noch hypothetischen Zügen! Harrt doch hier fast noch alles der exakten experimentellen Prüfung!

Etwas besser als über die Physiologie des Bakteriopurpurins sind wir über den ökologischen Wert seiner Absorptionskurve unterrichtet. Zwar muß im ersten Augenblick die merkwürdige Fähigkeit, infrarote Strahlen zu absorbieren und auszunutzen, doppelt überraschen, wenn man daran denkt, daß die Purpurbakterien Wasserorganismen sind und das Wasser bekanntlich für das Infrarot sehr wenig durchlässig ist; benutzt man es doch geradezu zur Absorption dieser Strahlen! Eine nähere Prüfung der Absorptionskurve der Purpurbakterien vom ökologischen Standpunkte aus hat nun diese Schwierigkeit aufgeklärt und daneben eine sehr merkwürdige Beziehung zur Absorption des Chlorophyllkomplexes aufgedeckt. Zunächst macht man sich häufig vom Absorptionsvermögen des Wassers eine unzutreffende Vorstellung: Erst von etwa 1000 μμ an kann man von einer annähernd vollständigen Extinktion durch mäßig dicke Schichten (10 cm) sprechen; und dieses Spektralgebiet ist für die Purpurbakterien völlig belanglos. Strahlen von etwa 850 μμ Wellenlänge aber, die vom Bakteriopurpurin stark absorbiert werden und, wie die Ansammlungen im Spektrum zeigen, auch physiologisch sehr wirksam sind, werden durch eine 60 cm dicke Wasserschicht erst auf 10 %, durch eine 20 cm dicke Schicht aber nur auf ca. 50 % der ursprünglichen Intensität herabgedrückt. In der Tat sind die Massenentwicklungen der Purpurbakterien nach allem, was bisher darüber bekannt ist, fast ausschließlich an geringe Tiefenlagen von höchstens $^1/_2$ m gebunden. Ein tieferes Verständnis für die Ausnutzung des Infrarot wird jedoch erst gewonnen, wenn man die Beleuchtungsverhältnisse an den natürlichen Standorten etwas näher untersucht.

Die Ansprüche, die die Thiorhodaceen an den H_2S-Gehalt des Wassers, die Athiorhodaceen an organische Nährstoffe, beide Gruppen aber an eine minimale Tension freien Sauerstoffes stellen, finden sich nicht an der unmittelbaren Oberfläche der Gewässer, sondern an ihrem Grunde verwirklicht, wo organische Reste verwesen. Die Wasseroberfläche ist nun sehr häufig durch Algenwatten, Wasserlinsen und ähnliche Pflanzen völlig bedeckt, so daß das Licht nicht nur in seiner Gesamtintensität, sondern auch in seiner qualitativen Zusammensetzung durch diese lebenden Filter wesentlich geändert wird. Es werden vor allem diejenigen Strahlen zurückgehalten, die das Chlorophyll absorbiert, und nur die von ihm durchgelassenen können zu den Wohnstätten der Purpurbakterien vordringen. Vergleichen wir nun die Absorptionskurve des Chlorophylls mit der des Bakteriopurpurins, so fällt ihre fast durchgängige Gegenläufigkeit auf (vgl. Fig. 2). Das Chlorophyll absorbiert besonders stark die Strahlen im Rot, im Blau und Violett, schwächt dagegen das Gelb und Grün viel weniger und läßt das äußerste Rot und vor allem das Infrarot fast ungeschwächt passieren. Unter diesen Umständen wird es nun verständlich, daß besonders Strahlen dieser Wellenlängen von den Purpurbakterien ausgenützt werden; *denn gerade diese Spektralgebiete enthalten im flachen Wasser, das mit grünen Pflanzen bedeckt ist, die meiste Energie.* Ihre eigenartige selektive Absorption setzt demnach die Purpurbakterien in den Stand, an solchen Stätten üppig zu gedeihen. Sie erweisen sich also hinsichtlich ihres Pigmentes als den Bedingungen ihres Standortes ausgezeichnet angepaßt. Das ließ sich auch durch besondere Versuche erhärten. In Kulturgläsern, die hinter einer ziemlich dicken und lückenlosen Schicht lebenden Chlorophylls standen, entwickelten sich die Purpurbakterien ebensogut wie in den dem freien Lichte ausgesetzten Parallelkulturen, während sie in den dunkel gehaltenen Kontrollgläsern ausblieben.

Aus den vorstehenden Überlegungen darf nun natürlich nicht *der* Schluß gezogen werden, daß eine dichte Algen- und Lemnadecke etwa stets als besonders günstige Bedingung für die Entwicklung der Purpurbakterien anzusehen sei. Das wäre natürlich ganz falsch; denn mancherlei Faktoren tragen dazu bei, daß auch die von einer homogenen Chlorophyllschicht am besten durchgelassenen Strahlen durch eine Decke lebender Pflanzen eine beträchtliche Schwächung erfahren. Im Wasser mit freier Oberfläche ist die Lichtzufuhr und damit auch die Möglichkeit der Lichtausnützung bei gleicher Tiefe selbstverständlich viel günstiger für sie. Unter solchen Umständen können sie auch in viel tieferen Wasserschichten gedeihen, die jegliche Spur von Infrarot auslöschen, da ihnen dann noch andere ausnützbare Strahlen zur Verfügung stehen. Hier kommt nun auch die starke Absorption, die das Bakteriopurpurin im Blau zeigt, und die natürlich unter einer Algendecke nur wenig zur Gewinnung von Lichtenergie beitragen kann, zur Geltung.

Die ökologische Deutung des Bakteriopurpurins, gegen die sich kaum ein stichhaltiger Einwand erheben läßt, ist ein neuer und nicht unwesentlicher Beitrag zur *Engelmann*schen Lehre von der Zweckmäßigkeit des Absorptionsverlaufes der Chromophylle, die er zunächst für die bunten Algen entwickelte und *Stahl* dann auf das Chlorophyll selber übertrug. Sie eröffnet auch allerlei andere interessante Perspektiven auf die Phylogenie der Purpurbakterien, die phototropische Empfindlichkeit der höheren Pflanzen u. a. m.

Pflanzenmetamorphose und Abstammungslehre.

Von Hugo Fischer, Essen a. d. R.

Wort und Begriff des Wortes „Metamorphose der Pflanzen" werden meist auf *Goethe* zurückgeführt, der jedoch selbst in § 4 seiner Schrift sagt: „Die geheime Verwandtschaft der verschiedenen äußeren Pflanzenteile . . . . ist im allgemeinen längst erkannt, ja auch besonders bearbeitet worden (Namen nennt *G.* nicht), und man hat die Wirkung, wodurch ein und dasselbe Organ sich uns mannigfaltig verändert sehen läßt, die Metamorphose der Pflanzen genannt." Der Dichter-Forscher schildert anschaulich und in der schönen Sprache, die man von ihm kennt, wie die Pflanze nacheinander die verschiedenen „Blätter" ausbildet: Keim-, untere, mittlere, obere Stengelblätter, von denen die mittleren oft stärker ausgegliedert, die untersten und die obersten einfacher gebaut sind, danach Kelch-, Kronen-, Staub-, Fruchtblätter.

Doch war und blieb die Metamorphosenlehre eine „Idee", über ein ordnendes Beschreiben kam *Goethe* nicht hinaus; wenn er meinte, die Metamorphose der Pflanzen *erklärt* zu haben, so teilte er diesen Irrtum mit manchem Forscher späterer Zeit, der „Beschreiben" schon für „Erklären" hält. Von einer wirklichen Erklärung, d. h. Erkenntnis der Ursachen, die in der Stoffwechselphysiologie[1]) liegen, war seine Zeit noch weit entfernt, und seine Vorstellungen entsprechend höchst unklar. Immerhin hat er eine solche Erklärung versucht!

Ein kurzer Hinweis ist nötig auf eine andere, längst bekannte Metamorphose, die der *Insekten;* die ist aber etwas *ganz anderes* als die der Pflanzen!

Jene Idee hat, zumal durch die formschöne Art, wie *Goethe* sie vortrug, befruchtend auf die Pflanzenkunde gewirkt, bis auch sie zum leeren *Schema* herabsank.

Die *Morphologie* (dieses Wort ist von *Goethe* selbst gebildet) erfuhr durch das *Mikroskop* eine wesentliche Verbreiterung und Vertiefung, sie wurde *Entwicklungsgeschichte* der Pflanzenorgane. Nun zeigte sich, daß alle die Blätter i. w. S. einander „verwandt" sind, indem sie aus gleichartigen Anlagen am Sproßscheitel hervorgehen. Doch auch mit diesen Forschungen war man bald an jener Grenze angelangt, wo Neues für die geistige Durchdringung der Erscheinungen nicht mehr zu holen war. Fragt man, was diese Richtung als Metamorphose bezeichne, so heißt es etwa: *B* ist metamorphosiertes *A,* wenn beide aus gleichen Anlagen am gleichen Ort entstehen und *B* später erscheint wie *A.* Beim Straußfarn (Struthiopteris) z. B. erscheinen erst laubige, sterile, dann fertile, keine Spreite bildende Wedel (erst Tropho-, dann Sporophylle). Entfernt man rechtzeitig die grünen Wedel, dann entstehen[1]) statt der Sporo- wieder sterile Trophophylle; also sind die fertilen metamorphosierte Laubwedel.

Es läßt sich aber leicht zeigen, daß die *Zeitfolge* nichts Bindendes hat; wie viele Frühlingsblüher die Blüten vor den Blättern bringen, so könnte der Straußfarn, der nur an alten Stöcken fruktifiziert, auch die Sporo- vor den Trophophyllen bringen, und wie stände es dann mit der Metamorphose? Nur für einjährige Pflanzen wäre das Erscheinen der Tropho- vor den Sporophyllen notwendig, weil die Laubblätter im Assimilationsvorgang die *Baustoffe* bilden müssen, welche für die Fortpflanzungszellen verbraucht werden.

Einen ganz anderen, tieferen Sinn erhält die Metamorphosenlehre erst, wenn wir sie mit der Deszendenztheorie, der *Abstammungslehre* verbinden. Dann heißt es: *B* ist metamorphisiertes *A,* wenn die Pflanze dort *B* trägt, wo ihre Vorfahren *A* getragen haben; Metamorphose bedeutet dann stammesgeschichtliche (phylogenetische) Umbildung eines Organes. Jede solche Erwägung ist ja gewiß hypothetischer Natur, aber ohne Hypothesen kommt keine Wissenschaft aus, und zulässig ist eine jede, die *an Bekanntes anknüpft.*

Die „Urpflanze" bei *Goethe* war ein Begriff, ein Extrakt dessen, was der Mehrzahl der Blütenpflanzen gemein ist. Urpflanze im phylogenetischen Sinne wäre eine einfache Zelle, die noch Ernährung und Fortpflanzung in sich vereint. Fragen wir nach einer beblätterten Urpflanze, so ist klar, sie kann nicht *nur Trophophylle* besessen haben, weil die geschlechtliche Fortpflanzung in sehr frühe Zeiten zurückreichen muß, aber auch nicht *nur Sporophylle,* weil (vgl. oben) auch die Trophophylle unentbehrlich sind. Es bleibt nur ein Ausweg: unsere Urpflanze besaß *Trophosporophylle,* die sowohl der Assimilation wie der Vermehrung dienten, und erst die weitere Entwickelung führte dahin, daß ein Teil der Blätter allein der Ernährung diente, ein anderer ganz oder doch vornehmlich der Fortpflanzung.

Auch das Blatt selbst ist ein stammesgeschichtlich Gewordenes. Vorläufer der beblätterten Pflanze ist der ungegliederte Thallus, der in fort-

[1]) Vgl. Flora *94,* 1905, 478.

[1]) Vgl. *Goebel* in Ber. D. Bot. Ges. *5;* 1887, 69.

schreitender Entwicklung Ausgliederungen bildete: nach unten Haftorgane, aus denen die *Wurzeln* höherer Pflanzen entstanden sind, und obere Auszweigungen, die sich weiter trennten in solche mit begrenztem und mit unbegrenztem Wachstum, *Blätter* und *Seitensprosse*.

Die ursprüngliche Form der Verzweigung ist die gabelige oder *dichotome*, mit Gleichartigkeit der Äste; aus ihr hat sich durch Bevorzugung je eines Gabelastes die monopodiale Verzweigung, mit einer die Nebenachsen tragenden Hauptachse, entwickelt. Daß die Gabelverzweigung die ältere ist, lehrt uns die *versteinerte Pflanzenwelt*, wo wir sie in den Haupttypen, wie den Siegel- und Schuppenbäumen (Sigillaria, Lepidodendron) herrschend finden, nicht minder bei den *Farnen* der Steinkohlenzeit, von wo wir die schönsten Übergänge zur monopodialen Verzweigung feststellen können. Heute findet sich Gabelverzweigung nur noch bei den Geweihfarnen (Platycerium) und wenigen anderen, oder bei „gekrausten" Monstrositäten, die zum Teil als Zierpflanzen beliebt sind. Bei sehr vielen Farnen sind aber die *Nerven* noch ganz (Adiantum) oder teilweise dichotom verästelt, ähnlich bei dem merkwürdigen Baum, der das Bindeglied zwischen Krypto- und Phanerogamen darstellt: Gingko biloba. Die Netzaderung ist nicht nur die spätere, sondern auch die nützlichere (angepaßte) Form; schneidet man ein Gingkoblatt quer ein, so vertrocknet das Gewebe über dem Schnitt; tut man das gleiche einem netzadrigen Blatt, so geht die Wasserleitung durch das Adernetz um den Schnitt herum, jener Teil leidet wenig oder gar nicht. Auch an Bäumen ist die Gabelbildung unvorteilhaft, weil der Sturm dort leicht anpacken und einreißen kann.

Die Gruppe der Farne bietet noch mehr des Interessanten. Lange hat man gestritten, ob ihre „Wedel" Blätter oder Sprosse seien. Nun, sie sind eben keines ganz; blattartig ist ihr Aussehen und ihr mikroskopischer Bau, vom Sproß haben sie das „unbegrenzte" Längenwachstum, das sich besonders schön an Polypodium subauriculatum Bl. (bekannt als P. Reinwardtii) darstellt, dessen Wedel an der Basis schon reife Sporen verstäuben, während die eingerollte Spitze noch weiter wächst. Echte Blätter bilden zuerst die Spitze fertig aus, der Blattgrund wächst nach. Die Farne sind in jenem Urzustand verblieben, in dem Sproß und Blatt noch nicht scharf getrennt war.

An den *Sporangien* der Farne hat sich gleichfalls eine Umbildung vollzogen: alle älteren Formen sind eu-, fast alle neueren leptosporangiat, d. h. die Sporenkapseln der älteren sind derbere, aus *tieferen Gewebsschichten* entwickelte Gebilde (heut: Marattiaceae, Ophioglossaceae), die der jüngeren sind dünn gestielt und entstehen aus nur *einer Oberhautzelle* (Typus: Polypodiaceae, Übergang: Osmundaceae). Soweit die Sporangien erhalten sind, läßt sich die allmähliche Verdrängung der ersteren durch die letzteren in den Schichtenreihen verfolgen.

Einen Teil der als Farne bestimmten Fossilien hat man später durch Zusammenhang mit frucht- bzw. samenartigen Gebilden als Cycadeen oder Übergänge dazu erkannt: Cycadofilices. Die Cycadeen haben mit den Farnen noch die spiralige Einrollung der jungen Blätter und deren Nervatur gemein; eine lebende Zwischenform ist Stangeria paradoxa.

Eine weitere Metamorphose hat sich an den Stämmen der *Farne* betätigt: die ältesten haben noch den anatomischen Bau der Wasserpflanzen, fortschreitend zeigt sich die Umbildung für das Landleben. Die Wasserpflanzen sind auf Zugwiderstand gebaut, mit einem zentralen Gefäßstrang; Landpflanzen müssen biegungsfest sein, ihre Bündel rücken nach dem Rande zu (Prinzip von *Schwendener*), einen Hohlzylinder bildend, aus dem sich später der kompakte Holzkörper unserer Bäume entwickelte.

Eigenartig ist eine Umbildung, die wir an fossilen Nadelhölzern verfolgen können. Bekannt ist die *langnadelige* Form von Kiefern, Tannen usw., daneben die seltenere *schuppenblätterige* von Thuja, Lebensbaum, und Verwandten. Die Entwicklung vom Nadel- zum Schuppenblatt hat im Mesozoikum stattgefunden; sie deutet sich an bei *Voltzia*, vom Rotliegenden bis Buntsandstein, und ist in Formen, die *Potonié* als *Voltziopsis* zusammenzieht, vom Keuper bis Jura vollendet.

Sät man die Samen einer schuppenblätterigen Art aus, so erwächst eine benadelte Keimpflanze, die später oder früher, je nach Außenbedingungen, zum Schuppenblatt übergeht. Zuweilen beharrt solche Pflanze ganz auf dem Jugendzustand; durch Stecklingsvermehrung hat man so eine besondere „Gattung" Retinispora gezüchtet, die aber nichts anderes ist als stehengebliebene Jugendform einer Chamaecyparis oder dgl.; sie sind häufig in Kultur.

Hier haben wir einen Fall, der unter höheren Pflanzen selten ist: ein Beispiel für das „Biogenetische Grundgesetz" von *Haeckel:* die Keimpflanze wiederholt die phyletische Entwicklung, sie ähnelt den Ureltern.

Den gleichen Fall finden wir bei manchen Arten von Acacia. Alle typischen Vertreter der großen Gattung haben doppeltgefiedertes Laub; in Australien und dem benachbarten Inselreich finden sich jedoch auch solche, die einfache, zum Teil seltsam gestaltete „Blätter" haben; es sind jedoch keine Blätter, sondern „Phyllodien", d. h. blattähnliche und Blätter ersetzende Gebilde, die dem fiederlos gewordenen *Blattstiel* entsprechen. Auch hier verrät die Keimpflanze die Abstammung: sie trägt zuerst doppelt gefiederte Blätter, bald aber werden der Fiederchen weniger, der gemeinsame Stil verbreitert sich klingenartig, von oben nach unten, und die Pflanze bildet dann nur noch solche Scheinblätter.

Ähnlich verhalten sich Pflanzen mit „Phyllo-

kladien", d. h. blattartig verbreiterte, Blätter vertretende *Zweige*, so Phyllanthus (Fam. Euphorbiaceae), Carmichaelia (Fam. Papilionaceae) u. a.

Sehr gute Beispiele für Metamorphose sind die *Ranken*. Beim Weinstock sind sie, wie ihre Stellung verrät, umgeänderte *Blütenstände;* ihnen ähnlich sind die Ranken der Kürbisgewächse. Bei Erbsen, Wicken und anderen Schmetterlingsblütlern, ebenso bei Cobaea (Fam. Polemoniaceae) sind es jedoch die verlängerten Stiele der gefiederten Blätter. Bei Lathyrus aphaca ist das ganze Blatt zur Ranke geworden, als Blätter fungieren die Nebenblätter; L. nissolia hat dagegen rankenlose, grasartige Phyllodien.

An Citrusarten fällt auf, daß ihr Blatt vom Stiel abgegliedert ist; sie dürften aus Arten mit dreizähligem Blatt, wie die ostasiatische C. trifoliata, durch Ausfall der seitlichen Blättchen entstanden sein: ein Fall *rückschreitender* Metamorphose.

Sehr eigenartige Umwandlungen haben sich an den *Blüten* und ihren Teilen vollzogen. Die stammesgeschichtliche Herleitung der Blüte, besonders der zweigeschlechtlichen, macht darum Schwierigkeiten, weil das einzige Beispiel aus der lebenden kryptogamischen Pflanzenwelt, die Sporangienähre von Selaginella, die weiblichen Makrosporangien am Grunde, darüber die männlichen Mikrosporangien trägt, die Blüte umgekehrt an der Spitze die Fruchtblätter, ringsum darunter die Staubblätter. Nur eine Pflanzengruppe der Vorwelt zeigt uns etwas Ähnliches: die Familie der Bennettitaceae, den Cycadeen nahestehend, von der oberen Trias bis zur unteren Kreide (Wealden) reichend, hatte in der Gattung Cycadeoidea Formen, die jene Geschlechterverteilung aufwiesen, rundum einen großen Kranz gefiederter Blätter, Farnwedeln ähnlich, welche zahlreiche Mikrosporangien (Pollensäcke) trugen, dazwischen (darüber) ein zapfenförmiges Gebilde, das die Makrosporangien (Samenanlagen) einschloß. An eine direkte Abstammung unserer Blütenpflanzen von jener längst ausgestorbenen Gruppe ist jedoch nicht zu denken; es war ein blind endender Zweig des Stammbaumes.

Innerhalb der Blüte finden wir eine Umänderung in verschiedensten Verwandtschaftskreisen wiederkehren, das Unterständigwerden des Fruchtknotens, bei Amaryllidaceen, Iridaceen, Orchidaceen, Cannaceen; Umbelliferen; Cucurbitaceen, Campanulaceen, Compositen u. a. Eigenartig ist die krugförmige Blütenachse bei Rosa und dem weit entfernten Calycanthus.

Die Familie der Ranunculaceae hat einige Vertreter mit nur einer Blütenhülle, auf welche sofort Staubblätter folgen, z. B. Anemone. Bei Pulsatilla stehen an Stelle der äußersten Staubblätter ihnen ähnliche Honigblätter, die in einigen anderen Gattungen absonderliche Gestalten annehmen: Caltha, Helleborus, Nigella, Aconitum, Aquilegia. Dagegen hat Ranunculus Kelch und Krone, die letztere verrät aber durch ihre Honigschuppe die Herkunft von jenen Honigblättern! Schließlich haben Adonis, Paeonia u. a. Kelch und Krone wie andere Blüten auch. Hieraus können wir also schließen, daß die Krone überhaupt aus Staubblättern, der Kelch aus Hochblättern entwickelt sei, worauf auch die gefüllten Blüten mit zu Kronblättern gewordenen Staubblättern hinweisen, ferner die Übergänge zwischen beiden bei Nymphaea usw.

Vielfach besteht die Metamorphose in fortschreitender *Reduktion*, z. B. in der Zahl der Staubblätter: Liliaceae 6, Iridaceae 3, Orchidaceae 2 (bei Cypripedilum) oder meist 1; Cannaceae nur noch ein halbes. Weitgehendste Reduktion zeigen die Gramineen, meist nur 3 (auch 2 oder 1) Staubblätter, einen Fruchtknoten mit einer Samenanlage, Kelch und Krone fehlen; ähnlich die Cyperaceae, die jedoch mit den echten Gräsern nicht näher verwandt zu sein scheinen.

Ganz merkwürdig ist die Metamorphose der Staubblätter bei den Kürbisgewächsen: die 5 Staubblätter verwachsen zu 2 + 2 + 1 (Gurke), beim Kürbis erscheinen sie wie ein kolbiges Gebilde mit gewundenen Staubfächern, bei Cyclanthera schließlich bilden sie *einen* hutpilzähnlichen Körper, der im Rand die ringförmigen Pollenfächer birgt.

In verschiedenen Reihen finden wir Zusammendrängung vieler kleiner Blüten zu einer *„Blüte höherer Ordnung"*, dann meist mit gemeinsamem Schauapparat, wobei oft die äußersten Blüten steril werden und nur in letzterer Art wirken, wie beim Schneeball, Viburnum opulus. Solche scheinbare Blumen zeigen z. B. gewisse Doldenblütler: Hacquetia, Bupleurum, Astrantia, ferner Cornus suecica u. a. „Strahlende" Randblüten haben u. a. Heracleum, von den Kreuzblütlern Iberis (Schleifenblume), auch Scabiosa und Verwandte. Der Typus der Erscheinung ist aber in den Korbblütlern verwirklicht, und ihren Gipfel erreicht diese Entwicklung beim *Edelweiß*, dessen „Blüte" doppelt zusammengesetzt ist, aus einer von gemeinsamer, schneeweißer Hülle umgebenen Gruppe von Blütenkörbchen.

Im übrigen sind die Compositen ein Bild sehr weitgehender Reduktion, besonders in dem einfachen, nur eine Samenanlage bergenden Fruchtknoten und dem Kelch, der hier in Gestalt winziger trockener Blättchen, dort als Federkrone (Disteln), oder in Gestalt zweier mit Widerhaken besetzter Zähne (Bidens) usw. erscheint, oder ganz fehlt (Leucanthemum, Klette u. a.). Ihrer extremen Ausbildung entsprechend dürfen wir die namentlich in Amerika ungemein artenreiche Familie der Compositae als einen der jüngsten Zweige des Pflanzenstammbaumes ansehen.

Weitgehende, z. T. völlige Rückbildung der *Laubblätter* ist vielfach an Pflanzen von saprophytischer oder parasitischer Lebensweise zu beobachten, so bei jenen humusbewohnenden Orchideen, Neottia u. a., die gewissermaßen auf

ihrem Wurzelpilz schmarotzen; weiter bei Monotropa, Lathraea, Orobanche usw. Ganz blattlos ist die schmarotzende Cuscuta, Klee- u. a. Seide, den Winden verwandt, während die täuschend ähnliche tropische Gattung Cassytha zu den Lorbeergewächsen gehört; ein schönes Beispiel für „Konvergenz". Noch viel weiter ist die Rückbildung bei der Gattung Pilostyles, Fam. Rafflesiaceae, gediehen, deren Arten im Holze von Tragant- (Astragalus-) Sträuchern schmarotzen; ihr ganzer Pflanzenkörper ist in pilzmyzelähnlichen Fäden aufgelöst, erst wenn es zur Blütenbildung kommt, werden Gewebskörper wie die anderer Blütenpflanzen gebildet. Die Blüten des Schmarotzers brechen dann, als gehörten sie dahin, aus der Rinde des Wirtes heraus — eine der wunderlichsten Erscheinungen im ganzen Pflanzenreich.

In anderer Art rückgebildet sind die Blätter bei der „Kaktusform", den echten Kakteen Amerikas, den ihnen oft täuschend ähnlichen Wolfsmilcharten Afrikas und Südasiens. Die oft bedornten Warzen der kugel- und säulenförmigen Stämme entsprechen den Blattbasen. Beblätterte Formen weisen den Übergang: Peireskia, Euphorbia splendens u. a.

So können wir wie im Tier-, so auch im Pflanzenreich, teils aus den Fossilien, teils durch Vergleichen lebender Formen *Reihen* aufstellen, Reihen einer *bestimmt gerichteten Entwicklung*, ungefähr das, was *Eimer* mit „Orthogenesis" bezeichnet; „Vererbung erworbener Eigenschaften"[1]) liegt aber hier *nicht* vor! Über die Ursachen solcher Entwicklungsrichtung wissen wir z. Z. nichts, äußere Umstände können nur sehr teilweise mitwirken, sonst müßten z. B. da, wo Kakteen wachsen, *alle* Pflanzen Kaktusform haben! Auch *zweckmäßig* ist die Metamorphose nur in gewissen Fällen, z. B. die Anpassung von Wasserpflanzen ans Landleben. Andere der angedeuteten Fälle, z. B. unterständiger Fruchtknoten, haben mit „Zweck" gar nichts zu tun. Jede Wiese zeigt vielerlei Blatt- und Blütenformen — können wir sagen, die eine sei zweckmäßiger als die andere? Wir haben keinen Grund zu zweifeln, daß die Entwicklungsrichtung auch *zweckwidrig* sein kann, so daß sie zum *Aussterben* des ganzen Stammes führt; man denke an das ungeheure Geweih des Riesenhirsches, die Stoßzähne beim Mammut, die den Tieren gewiß mehr hinderlich als nützlich waren.

Zweckwidrige Entwicklung erklärt wohl am ungezwungensten das sonst unerklärte Verschwinden mächtiger Tier- und Pflanzengruppen der Vorwelt: der Siegel- und Schuppenbäume der Steinkohlenzeit, der Ichthyosauren und Plesiosauren, der Ammoniten, Hippuriten u. a. Veränderung von Tier- und Pflanzenarten infolge veränderter Lebensbedingungen kennen wir mit Sicherheit nur in der Domestikation (vgl. das bekannte Buch *Darwins*); diese Veränderungen sind aber im Sinne der Selbsterhaltung der Art wohl restlos zweckwidrig.

[1]) Vgl. Naturw. Wochenschr. N. F. *9*, 1910, 737, 753; *10*, 1911, 165.

Elektrizitätsversorgung der Schweiz.

Von Hans Roth, Zürich.

Nordwärts der Gestade des Mittelländischen Meeres steigen gewaltige Gebirgsmassen auf. An deren Flanken fallen die aus westlichen Meeren aufsteigenden Wassermassen während vieler Monate des Jahres als Schnee nieder. Ein Teil dieser im Jahr meist über 2000 mm betragenden Niederschläge löst sich in den 3 bis 4 Sommermonaten und kommt, die Hauptströme der Schweiz bis zum Überborden füllend, zum Abfluß, während anderwärts kleinere Gewässer zu gleicher Zeit beinahe austrocknen. Durch diese Verschiebung in der Abflußzeit, durch das Zurückhalten von Wasser im Winter, durch das Freigeben im Sommer wird der Wasserhaushalt der meisten schweizerischen Flüsse und somit auch die Elektrizitätsversorgung des Landes aus Wasserkraftanlagen beeinflußt.

Viele Bewunderer der schönen Gebirgslandschaft kennen unser Land nur von kurzen Ferienfahrten oder aber aus Berichten über Alpenwanderungen im Sommer, in denen meist etwas von dem Zauber miteingeflochten ist, welcher den Aufstieg in die Welt kühner Schönheit zu einem Erlebnis werden läßt. Weder die Beschreibung sommerlicher Fahrten noch die im Winter von St. Moritz aus an die Öffentlichkeit gelangenden Saisonberichte vermögen einen zutreffenden Begriff über den zähen Kampf zu geben, den die Bergbevölkerung infolge der klimatischen Verhältnisse in den Jahrzeitübergängen zu führen hat. Kurzer, wetterlaunischer Sommer, früher, 7 bis 8 Monate dauernder Winter in einem Lande, in dem keine oder ungenügende Kohlen sich vorfinden; in Hochtälern, die zur Winterszeit nur dank den Schutzwaldungen gegen Lawinen bewohnbar und in denen in den letzten Jahren kleine Städte entstanden sind, um Kranken Aufnahme und Heilung zu bieten.

Der Mangel an billigem Holz und Kohle zwingt zu Heizzwecken elektrische Energie aus Wasserkraftanlagen zu verwerten; aber gerade in denjenigen Monaten, während welcher das Bedürfnis der Bewohner nach Licht und Wärme am größten ist, gerade dann versagt die Natur die wirksame Mithilfe zur Deckung des dringendsten Bedarfs. Die Niederschläge erfolgen nur noch in fester Form, so daß die Abflußmengen der Gebirgsgewässer, welche noch von Quellwasser gespeist werden, langsam, aber mit vorrückendem Winter stetig abnehmen. Somit nimmt auch die vermittels Wasser erzeugbare

Energiemenge im Winter ab und erreicht in der Regel gegen Ende Februar ihren kleinsten Betrag. Durch den Wassermangel zur Winterszeit sind die Elektrizitätswerke daher genötigt, ihre Reserven, d. h. die Wärmemotoren, soweit Vorrat an Kohle und Öl reicht, laufen zu lassen, oder aber, wie so oft während der Kriegszeit, die Abgabe an Energie einzuschränken, eine Maßnahme, die in einem Lande mit sonst reichen Wasserkräften doppelt schwer empfunden wird.

Aber nicht nur im Wechsel der Jahreszeiten, auch im Wechsel von Tag und Nacht deckt sich das Angebot der Natur an Energie zeitlich nicht mit der Nachfrage an elektrischer Energie. Die Nachfrage ist in den frühen Morgenstunden und zur Dämmerzeit abends am lebhaftesten. Der Wasserzufluß zu den Kraftwerken aber geht, je nach der geologischen Struktur des Einzugsgebietes und je nach den Schneeverhältnissen am Morgen nach kalten Nächten um 10 bis 20 % zurück, um erst gegen Mittag wieder anzusteigen; also gerade zur Zeit der Morgenspitze, d. h. des morgendlichen Maximaleffektes, ist der Zufluß am geringsten. Die Werke in den Gebirgstälern sind aber in der Lage, kleine Sammelweiher anzulegen, um vor solchen und anderen Zufälligkeiten, wie Abstoppen des Zuflusses durch den Talgrund anfüllende Lawinen oder Murgängen und Erdrutsche, einigermaßen gedeckt zu sein. In den Sammelweihern steht eine gewisse Menge Wasser zur Verfügung, so daß es bei noch genügenden mittleren Tageszufluß möglich wird, den Zufluß zu den Turbinen genau dem Bedarf an Energie anzupassen.

Da die Aushilfe während des Tages, der sogenannte „Tagesausgleich" möglich ist, drängt sich die Frage auf, ob nicht durch Speicherung in größerem Maßstabe die während der kalten Jahreszeit fehlende Menge an Wasser geliefert werden könnte. Wenn es gelingen sollte, dazu genügend Beckenraum zu finden, dann wäre die Energieversorgung der Schweiz aus Wasserkraftanlagen auch im Winter gesichert.

Über die Größenordnung der im Winter nötigen Aushilfsenergie gibt die mit dem 1. Januar 1914 abschließende Veröffentlichung der Abteilung für Wasserwirtschaft in Bern, betitelt „Die Wasserkräfte der Schweiz", einigermaßen Bescheid. Die Ausbaugröße aller in Betrieb stehenden Werke über 20 PS, die Reserveturbinen mitgerechnet, ist hierin zu 850 000 PS, die minimale Winterleistung zu rund 306 000 PS angegeben, woraus hervorgeht, daß zu Zeiten günstigen Abflusses annähernd dreimal mehr Energie zur Verfügung steht als an kalten Wintertagen. Damit also das ganze Jahr mindestens die gleiche Leistung wie im Sommer erzielt würde, wären für den Winter bedeutende Aushilfsenergiemengen bereit zu halten, sei es in Form von Kohlen oder, soweit möglich, durch in Sammelbecken zurückgehaltene Wassermengen. Zur Beurteilung der Ausgleichsmöglichkeit vermittelst Wasserreserven ist ein Eingehen auf die Abflußverhältnisse der Gewässer und deren Eignung zur Erzeugung elektrischer Energie nötig.

Ein Überblick über die drei Hauptgruppen schweizerischer Flüsse und über den Charakter der an denselben erstellten Wasserkraftanlagen genügt, um in bezug auf Energieschwankung und Ausgleichmöglichkeit Aufschluß zu erhalten.

Den einen Haupttypus der schweizerischen Flüsse kennzeichnet der durch verschiedene Seen und durch Zuflüsse aus hydrologisch und geologisch verschiedenen Gebieten in der Wasserführung einigermaßen ausgeglichene Rhein, welcher einen großen Teil der Schweiz entwässert und dessen wechselnde Wasserstände seit mehr als hundert Jahren stetsfort aufgeschrieben wurden. Aus diesen Beobachtungen für ein Einzugsgebiet von rund 36 000 km² ergibt sich folgendes:

Der Rhein führt im langjährigen Jahresmittel ca. 1000 Kubikmeter per Sekunde, in sehr trockenen Jahren ca. 800 m³/sec, in sehr nassen ca. 1400 m³/sec. Die an 182 Tagen, d. h. während der warmen Zeit des Jahres stets zur Verfügung stehende Menge, welche die „gewöhnliche Abflußmenge" genannt wird, beträgt im Mittel 960 m³/sec, die während 9 Monaten im Jahr stetsfort zur Verfügung stehende Menge noch 650 m³ per Sekunde. Als minimales Monatsmittel, also für Monate der strengsten Winterszeit, werden rund 400 m³ sekundlich zu erwarten sein, wobei das absolute Tagesminimum bis auf 300 m³/sec zurückgehen kann.

Würde bei Basel ein Niederdruckwerk zur Verfügung stehen, dessen Nettogefälle infolge künstlicher Stauhaltung Sommer und Winter annähernd konstant 10 m beträgt, dann stünde in dieser Anlage im Sommer mindestens 90 000 bis 100 000 PS konstant, im Sommermittel aber 130 000 PS, im Wintermittel nur 70 000 PS zur Verfügung. Entsprechend dem Rückgang des Wassers in kalten Wintern müßte das Monatsmittel auf 40 000 PS sinken.

Wie bekannt, ist eine genügende Winterenergieaushilfe durch den Bau neuer Wasserwerke an den Flüssen der Niederungen nicht zu erwarten.

Die Hauptzuflüsse Aare, Reuß, Limmat weisen unterhalb ihrer Ausgleichseen im allgemeinen dieselben Wasserverhältnisse auf wie der Rhein. Ob nun das Gefälle einer Anlage 5 oder 15 m betrage, ob der oberhalb liegende See um einen halben Meter mehr aufgestaut werden darf oder nicht, ändert an der Tatsache nichts, daß auch hier im Winter sich ein Mangel an Wasser einstellt und daß die Werke vermöge ihres Charakters als Niederdruckwerke allein nicht im entferntesten den täglichen Schwankungen des Bedarfes gerecht zu werden vermögen. Anderseits kommt es gelegentlich bei Föhnwetter im Winter doch vor, daß diese Werke Wasser ungenützt durch die Wehre ablassen müssen, weil die erzeugbare

Energie größer ist als der während der Nacht jeweils um 50 bis 70 % zurückgehende Bedarf.

Die Niederdruckwerke können im allgemeinen Interesse mit Rücksicht auf weiter unten liegende Werke verpflichtet werden, das Wasser so zu nutzen, wie der Fluß dasselbe zuträgt. Sie sind deshalb nicht in der Lage, die Wasser zurückzuhalten, um im Winter bei kleiner Normalleistung die für die Nutzung eines mittleren Jahresabflusses eingebauten vielen Maschineneinheiten zu gelegentlicher Spitzendeckung zu verwerten; sie werden daher in der Regel nur Konstantenenergie, sogenannte „Grundlast", abgeben.

Kanalwerke können ohnehin bei kleiner Stauhaltung nur die Menge nutzen, wie die oberhalb liegenden Werke sie abgeben, denn beim Versuch, Spitzenenergie zu erzeugen, fällt der Oberwasserspiegel bei der Zentrale in kürzester Frist, wodurch, weil Gefälle verloren geht, die Leistung sinkt. Zentralen aber, die direkt an großen Stauhaltungen liegen, vermögen unter Nichtachtung der Rechte der Unterlieger Spitzen zu erzeugen, ohne dabei, wie die Kanalwerke, viel am Gefälle zu verlieren. Gemildert werden die großen Unterschiede in der Energieerzeugung zwischen Sommer und Winter bei den Niederdruckwerken insofern, als infolge des niedrigeren Unterwasserstandes im Winter durchschnittlich ein etwas größeres Gefälle zur Verfügung steht als im Sommer bei höheren Unterwasserständen. Die Zunahme an Gefälle ist aber nirgends so groß, daß dadurch der Energieausfall infolge Rückganges der Menge wettgemacht werden könnte.

Die Deckung des Tagesausgleiches kann von einer Gruppe von Niederdruckwerken dann einigermaßen selbständig durchgeführt werden, wenn alle Werke an ein und demselben Fluß liegen, welcher zwei Seen verbindet und welcher ein und demselben Konzessionär gehört. Dabei werden vom tieferliegenden See die, von der Spitzendeckung herrührenden, schwallartig sich folgenden Wasserzuflüsse aufgefangen und ausgeglichen, während der obere See die dem veränderlichen Bedarf entsprechende Wasserentnahme ermöglicht. Spitzenwerke zur Ausnützung des Gefälles in einer Stufe zwischen zwei Seen sind geplant zwischen Walensee und Zürichsee und zwischen Vierwaldstättersee und Zugersee.

Eine andere Kategorie Flüsse, die Mittellandsflüsse, sofern wir Saane, Sense, Emme, Sihl, Töß, Thur darunter verstehen, sind Gewässer, in deren gebirgigem Einzugsgebiet keine oder nur ganz unbedeutende Gletscher liegen und deren Abflußgrenzwerte durch keine Seen ausgeglichen, also gemildert, sind. Alle diese wilden Flüsse zusammen liefern, auf Basel bezogen, rund ⅓ der Gesamtmenge, verstärken also im Rhein die Hochwassermengen, verschärfen die Minima. Zur Energiegewinnung eignen sie sich nur, wenn irgendwo im oberen Teil des Einzugsgebietes künstliche Akkumulierbecken von bedeutenden Abmessungen erstellt werden können. Die Abflußmengen dieser Flüsse ändern sich mit dem Wetter, und irgendwelche Voraussage über den zur Verfügung stehenden Ertrag ist nicht möglich. Diese unzuverlässigen Wasserlieferanten, die gelegentlich 2—3-mal im Jahr die Lieferung beinahe ganz einstellen, um wenige Tage darauf die Niederungen mit Hochwasser zu bedrohen, eignen sich natürlich nicht gut zur Versorgung selbständiger Absatzgebiete mit elektrischer Energie. Energie aus Anlagen solcher Gewässer kann aber in Verbindung mit andern günstigen Energiequellen als Ausfüllenergie noch gute Verwendung finden. Allerdings ist Voraussetzung hierzu, daß das Hauptwerk über große Reserven verfüge, und daß das Hilfswerk verhältnismäßig geringe Anlagekosten erheischt.

Die dritte Kategorie Gewässer, die Hochgebirgsflüsse, entströmen Tälern, in deren Hintergrund breite Gletschermassen lagern. Auch diese weisen große Schwankungen in der Wasserlieferung auf, Schwankungen, die zur Zeit der Schnee- und Gletscherschmelze sogar Tag für Tag deutlich wahrnehmbar sind. Aber diese Schwankungen zeigen eine bestimmte Gesetzmäßigkeit. In der Jahreslinie der Mengen findet sich z. B. stets nur ein, wenn auch ein sehr tiefes Minimum, auch weichen die Wintermittelwerte einzelner Jahre im allgemeinen nicht stark voneinander ab. Zudem ist, ob die Sommerszeit naß oder trocken sei, Wasser zum Auffüllen von Staubecken im Überfluß vorhanden. Durch die Anlage von Becken an Gletscherflüssen wird daher das Bereithalten der Reservewassermenge auf den Winter am besten sichergestellt. Aufgabe der Hochgebirgsflüsse wird also sein, den Ausgleich zu schaffen, der die Ausnützung der anderen Flußarten nach Möglichkeit erhöht.

Durch intensive Verwertung des Speicherraumes der vielen Randseen, durch Errichtung künstlicher Sammelbecken und Ausnützung der Gebirgsseen, dürfte es nach Jahrzehnten möglich sein, die Niederwassermenge in mittleren hydraulischen Wintern auf ca. 900 m³ per Sekunde zu halten, eine Menge, die der Energieerzeugung und der Binnenschiffahrt zugute kommt. Mit Ausnützung aller Mittel wird aber auch in Zukunft nicht zu verhindern sein, daß sich für Basel gelegentlich ein Wintermittel von nur 600 oder 700 m³ sekundlich einstellt; selbst bei Annahme eines günstigen Winters fällt die geringe Arbeitsfähigkeit des Stromes für die Energieversorgung des Landes im Winter sehr ins Gewicht. Der Unterschied in der Arbeitsfähigkeit zwischen Sommer und Winter ist für die Energieversorgung insofern noch von besonderer Bedeutung, als sich der mittlere Energiebedarf im Winter um ca. 50 % höher stellt als im Sommer.

Für den zukünftigen Ausbau der Wasser-

kräfte sind noch andere Ausgleichsmittel in Erwägung zu ziehen. In der früher erwähnten Veröffentlichung der Abteilung für Wasserwirtschaft sind auch die am 1. Januar 1914 noch nicht ausgebauten, d. h. noch verfügbaren Wasserkräfte der Schweiz zusammengefaßt. Laut Statistik sollen im Sommerhalbjahr konstant 2,5 Millionen PS, im Winterminimum noch 0,9 Millionen PS, im Wintermittel aber 1,4 Millionen PS verfügbar sein. Der Ausbau kann wirtschaftlich das Winterminimum nur um so viel übersteigen, wie die Ausgleichsquellen an Leistung hergeben. Werden alle Akkumuliermöglichkeiten und auch diejenigen Speicherbecken, welche sich inzwischen als nicht ausführbar herausgestellt haben, in die Rechnung eingesetzt, dann würde sich infolge des Ausgleichs die konstante, stets zur Verfügung stehende Jahresleistung auf rund 2,2 Millionen PS erhöhen. Sollten aber später die 2,5 Millionen PS konstanter Sommerenergie gut verkauft werden können, dann müßten nach bisheriger Erfahrung im Winter außer den 2,2 Millionen PS auf irgend eine Weise mindestens weitere 1,5 Millionen PS konstante Winterenergie beschafft werden. Für deren spätere Beschaffung gibt es zwei Möglichkeiten. Die eine richtet sich nach den Preisen der Brennstoffe, die andere hängt von meteorologischen Verhältnissen und von der Entwicklung der Elektrizitätsversorgung Europas ab.

Die hohen Kosten der Akkumulierwerke sowie das Bestreben, durch den Bau billigerer Niederdruckwerke zugleich der Binnenschiffahrt zu dienen, sind den Bemühungen zur raschen Befriedigung des großen Winterenergiebedarfs nicht günstig. In den nächsten Jahren ist infolge des Baues neuer Niederdruckwerke ein vermehrtes Angebot an Sommerenergie zu erwarten. Aber gerade durch das weitere Zurückgehen der Sommerenergiepreise wird, da die schweizerische Industrie den Energieüberschuß nicht aufzunehmen vermag, die Ausfuhr größerer Energiemengen nach Süden und Norden zu Zeiten möglich, während welcher die Gewässer jener Länderstriche beinahe versiegen. Würden infolge des Anreizes, den ein niedriger Preis für den Käufer auslöst, große Fernleitungen erstellt, dann liegt es nahe, die ins Ausland führenden Leitungen, wenn irgend möglich zum Zurückschieben von Energie während derjenigen Monate zu benutzen, während welcher das Hochland Mangel leidet, also zur Herbst- und Winterszeit. Aus der Niederschlagsverteilung in Oberitalien, Frankreich und Mitteldeutschland ist zu ersehen, daß die Natur insofern behilflich sein könnte, als tatsächlich im Vorwinter und im Vorfrühling in den genannten Gebieten beinahe Jahr für Jahr ein Überfluß an Wasser vorhanden ist. Es ließe sich untersuchen, ob Werke in den erwähnten Gebieten in der Lage wären, die dort abfließenden großen Mengen auszunützen, um den Überschuß an Energie der Schweiz abzugeben. Als Gegenleistung würde während der Sommermonate Energie aus der Schweiz ausgeführt.

Sofern dieser Austausch möglich ist, werden einerseits die Leitungen besser ausgenützt, anderseits aber vermögen die wenigen großen Akkumulierwerke der Schweiz infolge fremder Aushilfe in der Vorsaison den schweizerischen Winterbedarf besser zu decken. Der Ausbau der Akkumulierwerke wäre dann allerdings, bezogen auf die Kilowattstunde, bedeutend teurer, da für diese Werke infolge der Kürzung der Winterperiode nur mit einer 600- bis 700-stündigen Winterbetriebszeit gerechnet werden müßte.

Zurzeit bedeutet jede Aushilfe an Energie vermittelst Wasserkraftwerke eine Ersparnis an teurer latenter Energie, an Kohlen. Das Problem der vollen Erfassung der Naturkräfte und des Landesausgleiches ist nicht nur ein Problem, das die Wirtschaftstechniker größerer Werke beschäftigt, es wurde in neuester Zeit ein Problem, dem ganze Völker Interesse entgegenbringen.

Die eigenartige Lage der Alpenländer ermöglicht diesen Energieabgabe im Sommer, ermöglicht wiederum in einzelnen Gebieten das Ansammeln großer Wassermengen in Staubecken für den Winter. In den Akkumulierwerken müssen aber so gewaltige Kapitalwerte festgelegt werden, daß der Versuch, im Vorwinter und Vorfrühling Energie aus dem Ausland zu erhalten, geprüft zu werden verdient. Dieser Versuch sollte schon deshalb unternommen werden, weil große Teile unserer Alpen aus Kalk bestehen, so daß, da die Voraussage über zu erwartende Staubeckenverluste in solchen Gebieten eine unsichere Sache ist, vom Ausbau mehrerer geplanter Becken abgesehen werden muß, wodurch die eigene Ausgleichmöglichkeit herabgemindert wird.

Vorerst liegt aber eine ergiebige Energieaushilfe von Land zu Land noch in ferner Zukunft, und die Schweiz wird das nächstliegende tun, nämlich diejenigen Speicherbecken, die als zuverlässig gelten, ausbauen, um so weit als möglich den eigenen Winterbedarf in der Elektrizitätsversorgung selbst zu decken. Da die Statistik zeigt, daß beim Ausbau sämtlicher Wasserkräfte der Schweiz immer noch bedeutende Energiemengen für den ausgiebigen Winterausgleich als Konstantkraft anderswoher bezogen werden müssen, so ist die Ausnutzung der ausbauwürdigen Speicherbecken für die größtmögliche Wassermenge anzustreben.

Zur Erreichung dieses Zieles werden, wie erwähnt, in den Bergen an besonders günstigen Stellen Abschlußbauwerke errichtet, um einen Teil des Sommerwassers zurückzuhalten. Diese Zurückhaltung in künstlichen oder natürlichen Becken ermöglicht das zeitliche Verschieben der Energiegewinnung, erfordert große Mittel, lohnt sich aber, da Winterenergie zurzeit mehrfach besser bezahlt wird als Sommerenergie. Der Preis richtet sich auch hier nach Angebot und Nachfrage. Der Wert der zurückgehaltenen Wassermenge wächst

mit der Summe der nutzbaren Gefällshöhe unterhalb liegender Werke. Je größer die aufgespeicherte Menge und je größer das Nettogefälle, desto größer ist die Anzahl erzeugbarer Kilowattstunden, welche, da im Winter erzeugt, mit gutem Preis restlos abgesetzt werden können.

Je größer die Gefällshöhe, je größer auch die Ortshöhe des Beckens, je kürzer die Sommerszeit, desto schwieriger und teurer die Erstellung des Talabschlusses für das Becken. Die Erstellungskosten eines solchen Werkes sind, da geographische Lage, Erzeugung und Abtransport von Massengütern, geologische und topographische Verhältnisse des Talabschlusses berücksichtigt werden müssen, nicht leicht genau zu bestimmen. Zur Ermittlung der Gestehungskosten pro Kilowattstunde muß außerdem noch berücksichtigt werden die Qualität des Energiebedarfs. Je nach der Qualität dieser Energie ist die verkaufbare Menge eine verschiedene, entsprechend aber auch der Preis. Die Preise für die Kilowattstunde sind bekannt, ändern sich aber stets. Bei Abgabe großer Mengen Sommerenergie wird zurzeit pro Kilowattstunde 0,5 bis 2 Rappen, für Winterenergie 5 bis 7 Rappen erlöst, je nach Menge, Qualität, Vertragsdauer und Höhe des Maximaleffektes. Die absetzbare Menge ist zudem verschieden, je nach der Bauart der Werkanlage (Wasserfassung und Zuleitung) und je nachdem das Werk Energie für chemische Industrie, für Bahnbetrieb oder für Licht- und Kraftversorgung zu liefern hat.

Wenn in nächster Zeit nur Winterwerke erstellt würden, dann würde die Preisgestaltung für Sommerenergie infolge besserer Verwertungsmöglichkeit derselben günstig beeinflußt. Jedes größere Akkumulierwerk ist nämlich in Verbindung mit einem oder mehreren Niederdruckwerken in der Lage, dem Energieabnehmer volle Deckung des gesamten Jahresbedarfs, also auch Mehrabgabe im Winter zu garantieren. Dabei hat das Niederdruckwerk entsprechend dem Zufluß des Wassers die „Grundlast", das heißt einen bei Tag und bei Nacht annähernd gleichbleibenden Energieanteil zu decken, während das Akkumulierwerk als „Spitzenwerk" die Zunahme im Bedarf während des Tages, welche 100—200 % der Nachtlast beträgt, ausgleicht. Erhält der Fluß im Winter infolge westlicher Winde oder Föhnstürme mehr Wasser, dann wird der Energiebezug aus dem Akkumulierwerk ganz eingeschränkt oder nur noch während der Spitzenzeit zur Deckung der „Kilowatt", das heißt der kurzfristigen Spitzen benötigt. Bei starker, langandauernder Kälte muß aber das Spitzenwerk sowohl den größten Teil des Effektes, der „Kilowatt", als der Tagesarbeit, der „Kilowattstunden" übernehmen und es muß dessen maschinelle Ausrüstung dementsprechend bemessen sein. Der *Maximal*effekt bei Abgabe der Energie für „Kraft und Licht", bestehend aus Spitzenlast und dem größten Grundlastteil, der übernommen werden muß, erreicht 2,3 bis 2,5-mal den Wintermonats*durchschnitt* an Kilowatt.

Die maschinelle Ausrüstung wird nach der Höhe des zu erwartenden Maximaleffektes, die Durchflußflächen für Stollen und Rohrleitung nach dem mittleren Wasserbedarf während der winterlichen Betriebsdauer bemessen, wobei Profilform und Größe nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu berechnen sind. Aus den Anlagekosten für die Ausrüstung der Zentrale allein läßt sich bereits ersehen, daß die Kilowattstunde, bezogen aus Akkumulierwerken, höher zu stehen kommen muß als die Kilowattstunde aus einem beliebigen Hochdruck- oder Niederdruckwerk. Als Gegenwert kann gebucht werden, daß Energie aus Akkumulierwerken zu beliebiger Zeit und in großer Menge bezogen werden kann.

Da die Turbinen durch die unter Wasserdruck stehenden Stollen und Rohrleitungen direkt mit dem Wasser im Beckenraum in Verbindung sind, ist die Zuführung der großen, zur Erzeugung des Maximaleffektes nötigen Wassermenge jederzeit während des Winters, also auch bei tiefstem Beckenstand gesichert, wenn das Stollengefälle genügend groß und das Wasserschloß[1]) entsprechend weit ausgeführt ist. Dabei werden aber für die Dauer des Maximaleffektes, also während kurzer Zeit, die Wassergeschwindigkeiten im Stollen und Rohr das wirtschaftlichste Maß bedeutend überschreiten und es werden die entsprechenden Druckverluste sehr hohe.

Je nach den Größenverhältnissen des Stauraumes zum nutzbaren Einzugsgebiet wird der gesamte Jahresabfluß oder nur ein Teil davon im Becken bis zum Winter aufgespeichert werden können. Reine Winterwerke, d. h. Werke, die den gesamten Jahresabfluß zurückzuhalten vermögen, die also nur im Winter Energie erzeugen, sind selten.

Um die Energiemenge der Akkumulierwerke für einen wirksamen Ausgleich nutzbar zu machen, ist auf jeden Fall von erster Bedeutung ein weit verzweigtes Kraftnetz auszubauen, das die verschiedenen Werke zusammenschließt. So wird eine große Verbindungsleitung Ost—West geplant, die vorerst das Netz der bernischen Kraftwerke mit demjenigen der nordostschweizerischen Kraftwerke verbinden soll.

Infolge der klimatischen Verhältnisse geht die Energieerzeugung im Winter in all denjenigen Werken der Schweiz, die über keine Jahreszeitsammelbecken verfügen, und es ist die große Mehrzahl der Werke, zurück. So mußte in den letzten Jahren die Abgabe elektrischer Energie im Winter eingeschränkt werden, eine Maßnahme, die auf die Dauer nicht durchgeführt werden kann, soll nicht Gesundheit und Wohlfahrt der Bevölkerung leiden. Um die dringendsten Bedürfnisse decken zu können, werden daher die an größeren Speicherbecken gelegenen Wasserkraftanlagen so hoch ausgebaut, daß diese den anderen Werken wenigstens in der Spitzenzeit

[1]) Wasserschloß-Verbindung zwischen Stollen und Rohr bei Hochdruckleitungen.

des Tages aushelfen können. Je mehr solcher Akkumulierwerke gebaut werden, um so mehr wird ihnen nach und nach auch die Aushilfe während der übrigen Wintertageszeit zufallen.

Ein hochgehaltener Ausbau der Akkumulierwerke rechtfertigt sich, indem dadurch im Winter den angeschlossenen Niederdruckwerken die restlose Ausnutzung des gesamten Wasserzuflusses bis zu deren Schluckfähigkeitsgrenze ermöglicht wird. Je mehr Maschinen im Akkumulierwerke für den Maximaleffekt bereit stehen, um so mehr Werken kann über die Spitzenzeit ausgeholfen werden. Die Jahresarbeit der Niederdruckwerke wird durch den Anschluß an ein speicherungsfähiges Hochdruckwerk vermehrt und die jährliche Gebrauchsdauer derart erhöht, daß diese bei besonders günstigen Verhältnissen auf 7000 bis 8000 Stunden anwachsen kann. Demgegenüber beträgt der Gesamtdurchschnitt der Gebrauchsdauer der schweizerischen Elektrizitätswerke bisher nur rund 2300 Stunden.

Werden später alle großen Speicherwerke unter sich verbunden, dann kann das gesamte Gebiet der Schweiz durch ein zusammenhängendes Leitungsnetz mit Energie versorgt werden, wodurch die bestmögliche Verwertung der aus Wasserkräften erzeugbaren Energie gesichert wird.

An den Flüssen der Niederung liegen Werke, welche auf „Grundlast" arbeiten, in den Bergen leicht regulierbare Hochdruckwerke, die, sofern Druckstollen und kleine Sammelweiher vorhanden sind, sich jeder Tagesschwankung im Netz unverzüglich anzupassen vermögen. Beide genannten Werkgruppen zusammen ermöglichen, soweit Wasser vorhanden ist, die restlose Deckung der Schwankungen im Energiebedarf des Tages.

Eignet sich die Fassungsstelle zur Anlage eines großen Speicherbeckens, dann wird das Hochdruckwerk zum Akkumulierwerk, das nun nicht nur den Ausgleich des Tagesbedarfes, sondern, soweit die Speichermenge reicht, die Deckung des Energieausfalles in anderen Werken während der Jahreszeit des geringsten Zuflusses übernehmen kann. Die Erstellung großer Akkumulierwerke ist neben dem Ausbau leicht nach Tagesschwankung regulierbarer Hochdruckwerke eine der dringendsten Aufgaben, die trotz der Schwierigkeiten der Nachkriegszeit gefördert werden sollte, damit eine zweckdienliche Verwertung der reichen Wasserkräfte der Schweiz möglich wird.

Da die Richtlinien für die Energieerzeugung im Gebiete der Schweiz durch natürliche Verhältnisse gegeben sind, sollte bei der Erstellung eines jeden einzelnen Werkes dessen Mitarbeit im Rahmen des gesamten Landesverbandes geprüft werden, wodurch unter anderem von vornherein ersichtlich ist, welche Qualität von Energie das Werk zu erzeugen vermag und ob dasselbe für eine spätere Erweiterung vorzusehen ist. Infolge der Erstellung großer Akkumulierwerke, die zugleich als Reservewerke dienen, kann die Ausgestaltung der von Natur weniger begünstigten Anlagen vereinfacht und somit verbilligt werden.

Durch Skizzierung von Richtlinien soll nicht etwa eine Schematisierung der Werkanlagen als wünschenswert bezeichnet werden. Eine solche ist, mit Rücksicht auf die Verschiedenartigkeit der Verhältnisse von Werk zu Werk ohnehin nicht zu befürchten. Wie in andern Ländern, bildet auch in der Schweiz jede einzelne Kraftanlage für sich ein besonderes Werk, eine einzigartige Schöpfung. Je besser die Anlage den Energiebedürfnissen, den lokalen Verhältnissen und dem Charakter des Flusses angepaßt ist, je glücklicher Bau- und Maschineningenieur zusammengearbeitet haben, um so besser wird die ausgebaute Anlage die ihr gestellten Anforderungen zu erfüllen vermögen.

Für den Landesausgleich an Energie im Winter kommen als größere *natürliche* Staubecken u. a. die Oberengadiner Seen sowie der Davoser See in Betracht. Die Nutzung dieser Gebirgsseen wird aber mit Rücksicht auf die Erhaltung der Naturschönheit eine beschränkte sein; es ist daher die Erstellung künstlicher Akkumulierwerke nicht zu umgehen; große künstliche Seen oberhalb bedeutender Nutzgefälle sind außerhalb Graubünden an der Barberina im Wallis, an der Grimsel am Fuß des Aaregletschers, am Etzel bei Einsiedeln und im Wäggital geplant. In nächster Zeit wird außer den Berninaseen, dem Puschlaversee und dem Klöntalersee auch der Ritomsee zur Winterenergieerzeugung Wasser abgeben, und zwar für den elektrischen Betrieb der Gotthardbahn.

Die aus den klimatischen Einflüssen bedingten Schwierigkeiten in der Energieversorgung der Schweiz und die daraus sich ergebenden Grundsätze für den Winterenergieausgleich lassen sich hiernach wie folgt zusammenfassen:

Die Natur bedingt bis zu einem gewissen Grade das Energiebedürfnis des Menschen, sie bedingt aber auch die Menge an Wasser, die zur Zeit des Bedürfnisses zufließt und zu dessen Deckung benutzt werden kann. Zu gleicher Zeit, wie die klimatischen Verhältnisse die Bedürfnisse nach Energie steigern, vermindern dieselben die Möglichkeit, dieselben zu decken, indem die Kälte Wasser bindet und als Schnee und Eis zurückhält. Wiederum aber bietet gerade in den Bergen dort, wo die klimatischen Verhältnisse am ungünstigsten sind, die Natur Hilfsmittel, die, wenn gut ausgenutzt, eine wenn auch außerordentlich kostspielige Winterenergieaushilfe ermöglichen.

In der Elektrizitätsversorgung des Landes wird nach und nach jedes einzelne Werk entsprechend seinem Charakter und seiner Leistungsfähigkeit voll in Anspruch genommen. Jedem Werk fällt eine ganz bestimmte Aufgabe zu.

Infolge der Arbeitsteilung wird ein auf „Grundlast" arbeitendes Werk verhältnismäßig niedrig, ein Spitzenwerk dagegen hoch ausgebaut. Je höher der Ausbau gehalten werden kann, je

mehr die Verbindungsleitungen der verschiedenen Werke ausgebreitet werden, desto weiter reicht die Einflußzone des Spitzenwerkes, desto mehr steigert sich die Ausnützungsmöglichkeit der in der Zone liegenden Grundlastwerke.

Eine besondere Stellung in baulicher wie in betriebstechnischer Hinsicht kommt dem Akkumulierwerk, dem Winterwerk zu. Von dessen technischer Durchbildung wird die Winterenergieverteilung der Zukunft Zeugnis ablegen. Für die Bewertung eines Akkumulierwerkes kommt nicht allein die in diesem Werk erzeugte Energiemenge als der allgemeine Nutzen, welcher den anderen Werken infolge der Aushilfsmöglichkeit des Akkumulierwerkes zufällt, in Betracht.

Akkumulierwerke verschaffen dem Menschen während der kalten Winterszeit Licht und Wärme, sie verteilen bei guter Durchbildung Licht und Wärme den Bedürfnissen entsprechend genau von Tag zu Tag, ohne daß dabei ein Tropfen Wasser verloren ginge. Diejenigen Wasserkraftwerke, die derart ausgerüstet sind, daß sie die gestellten Anforderungen am besten zu erfüllen vermögen, sind in der Lage, höchstwertige Energie zu verkaufen. Der Geschäftsleitung sollte es deshalb gelingen, die Preislage für Winterenergie derart zu beeinflussen, daß solche Werke auch in Zukunft wirtschaftlich bestehen können und daß der Anreiz, Winterkraftwerke hoch auszubauen, erhalten bleibt. Die Erstellung großer hochausgebauter Speicherwerke liegt sowohl im Interesse der Werkgesellschaften selbst als im Interesse der gesamten Elektrizitätsversorgung der Schweiz.

Über die Koagulation kolloider Lösungen.

Von Arne Westgren, Göteborg, und Josef Reitstötter, Wien.

Die Frage nach den Bedingungen der Stabilität kolloider Lösungen und die damit eng verknüpfte Erforschung des Koagulationsvorganges dürfte wohl das *Hauptproblem* der Kolloidchemie sein und ist auch bereits Gegenstand einer sehr großen Zahl von Untersuchungen gewesen. Da außerdem die verschiedensten mehr oder minder gut begründeten hypothetischen Annahmen zur Erklärung der Koagulation im Laufe der Zeit gemacht worden sind, so ist eine gut erwogene, objektive Darstellung dieses Forschungsgebietes eine sehr heikle Aufgabe.

Es soll hier auch gar nicht unternommen werden, einen Versuch in dieser Richtung zu machen, um so mehr als *M. v. Smoluchowski* vor kurzem einen vorzüglichen Überblick über die Koagulationstheorien gegeben hat und *R. Zsigmondy* eine kritische Besprechung der bisherigen Messungen und Spekulationen über die Koagulation kolloider Lösungen, hervorgerufen durch Elektrolytzusätze, veröffentlicht hat. Im folgenden soll vielmehr versucht werden, auf breiterer Basis einen Überblick über die von *M. v. Smoluchowski* gegebene *kinetische Theorie der Koagulation* zu geben, durch welche erst das ganze Koagulationsproblem einer exakten Behandlung und experimentellen Prüfung zugänglich wurde. *v. Smoluchowski* hat noch die ersten experimentellen Bestätigungen seiner bahnbrechenden Arbeit erlebt; am 5. September 1917 starb dieser geniale Forscher in Krakau als Opfer einer Kriegsseuche.

Wird eine hoch*rote,* kolloide Goldlösung mit verdünnter *Kochsalz*lösung versetzt, so schlägt die Farbe mehr oder minder plötzlich in *violett* bis *blau* um. Dieser deutlich sichtbare *Farbenumschlag* ist ein makroskopisches *Kennzeichen für die Koagulation* der kolloiden Goldlösung, die einzelnen Teilchen derselben vereinigen sich, treten zu größeren Komplexen zusammen, um dann nach längerer oder kürzerer Zeit unter fast vollständiger Entfärbung der Flüssigkeit ganz zu Boden zu sinken.

Daß alle bisherigen Versuche, auf *empirisch-induktivem* Wege (*S. Miyazawa, N. Ishizaka, H. Freundlich, I. A. Gann* u. v. a.) zu einem Verständnis der hier geltenden Gesetze zu gelangen, vollkommen erfolglos geblieben sind und sogar gewisse anfangs aufgestellte Gesetze und Formeln bei exakterer Prüfung *(Freundlich* und *Gann)* später als unhaltbar zurückgenommen werden mußten, veranlaßte *M. v. Smoluchowski* den *deduktiven* Weg zu betreten und einige theoretische Leitgedanken auszuarbeiten, welche die Richtung bei der Bearbeitung dieser Gebiete geben sollten.

Der Grund, warum die empirischen Methoden früher zu keinem Ergebnis geführt haben, liegt nach *v. Smoluchowskis* Ansicht daran, daß in fast allen früheren Arbeiten gewisse Größen, wie Zähigkeit, relative Menge der unter bestimmten Bedingungen in Lösung befindlichen Substanz, Lichtdurchlässigkeit usw. als Maß der Koagulation betrachtet wurden, während es in Wirklichkeit gar kein exaktes Maß der Koagulation gibt, indem letztere sich gar nicht durch eine *einzige* Variable darstellen läßt.

Trotz aller auf diese Untersuchungen verwendeten Mühe mangelte es noch immer an einer klaren Erkenntnis der wirksamen Ursachen, welche Stabilität oder Koagulation bedingen. *v. Smoluchowski* kam zur Annahme, daß sich die Teilchen bei genügender Annäherung infolge der *Kapillarkräfte* anziehen, daß aber eine Vereinigung unter normalen Umständen nicht eintritt, was auf eine *Schutzwirkung* der elektrischen *Doppelschicht* zurückzuführen ist, welche man sich nach Art eines Gummipolsters vorstellen kann. Bei Elektrolytzusatz tritt infolge der von *Freundlich* nachgewiesenen *Ionenadsorption* eine teilweise oder völlige *Entladung der Doppelschicht* ein, welche die Schutzwirkung herabsetzt,

so daß dieselbe von einem gewissen Konzentrationsverhältnis an nicht mehr genügt, das Zusammen- und Aneinanderhaften der Teilchen zu verhindern. Ferner ist noch ein dritter Faktor außer jenen Kräftewirkungen in Betracht zu ziehen, welcher einerseits ein Zusammenstoßen der Teilchen bewirkt, anderseits aber deren dauernder Vereinigung entgegenwirkt, nämlich die *molekularen Kräfte*, die sich unter anderem als *Brownsche Bewegung* kundgeben.

Bevor aber noch auf die Berechnungen *v. Smoluchowskis* näher eingegangen werden soll, mögen noch einige allgemeine Überlegungen über die Koagulation vorausgeschickt werden.

Damit Koagulation eintritt, muß eine gewisse Elektrolytkonzentration, der *Schwellenwert Bodländers*, erreicht werden, unter der keine Koagulation stattfindet. Dieser Schwellenwert läßt sich aber *nicht* genau bestimmen. Durch Versuche von *Zsigmondy* ist erwiesen worden, daß *kleine* Elektrolytzusätze überhaupt *keinen* Einfluß auf die im Spezialfalle untersuchten kolloiden Goldlösungen ausüben. Allmähliche Erhöhung der Elektrolytkonzentration führt dann in das Gebiet der *langsamen* Koagulation durch eine bezüglich der Elektrolytkonzentration ziemlich begrenzte Zone, in der *kleine* Änderungen der Elektrolytkonzentration *sehr große* Änderungen der Koagulationszeit bewirken.

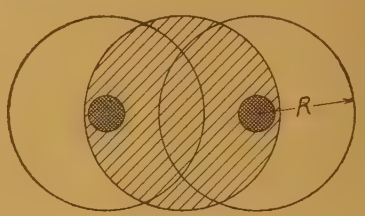
Es ist also dargetan worden, daß die Koagulationsgeschwindigkeit eine *kontinuierliche* Funktion der Elektrolytkonzentration ist. D. h. die Koagulation tritt nicht bei einem gewissen Wert der letzteren plötzlich ein, sondern wenn sie bei allmählich gesteigerter Elektrolytkonzentration einmal beginnt, ist sie erst sehr langsam. Mit Vermehrung des Elektrolytzusatzes wächst zunächst ihre Geschwindigkeit, um zuletzt ein Maximum zu erreichen, das auch bei sehr großer Konzentration nicht überschritten wird.

Es folgt daraus, daß der Begriff *Schwellenwert*, der sich in der Kolloidliteratur so stark eingebürgert hat, in der Wirklichkeit eigentlich kein eindeutiges Gegenstück hat. Es ist richtiger, wie es *Zsigmondy* tut, von einer *Schwellenzone* zu sprechen, innerhalb welcher die Koagulationsgeschwindigkeit sich mit der Elektrolytkonzentration mehr oder weniger stark verändert. Diese Zone geht kontinuierlich in die angrenzenden Konzentrationsgebiete über, einerseits in das Gebiet, wo keine Koagulation stattfindet, andererseits in das Gebiet, wo die Koagulationsgeschwindigkeit maximal ist. Will man das Wort Schwellenwert benützen, so muß man es, wie es *Zsigmondy* und *Reitstötter* getan haben, dadurch definieren, daß man es mit einer bestimmten *Koagulationsgeschwindigkeit* innerhalb der Schwellenzone in Verbindung setzt.

Daß die Teilchen einer kolloiden Lösung nicht koagulieren, rührt offenbar von *Abstoßungs*kräften her, welche bei gegenseitiger, unmittelbarer Annäherung derselben merklich werden und mit einer *Schutzwirkung* einer elektrisch geladenen *Doppelschicht*. Die Existenz dieser Abstoßungskräfte ist durch die Untersuchungen von *J. Perrin* und *R. Costantin* erwiesen worden.

Wird nun die kolloide Lösung mit immer größeren Elektrolytmengen versetzt, so verringert sich, wie bereits ausgeführt, das Doppelschichtpotential immer mehr und mehr, bei einem gewissen Gehalte (dem Schwellenwerte *Bodländers*) wird die Stabilitätsgrenze überschritten, und nun tritt die Neigung zur Koagulation auf, welche rasch *größer wird*, wenn der *Elektrolytgehalt* ebenfalls *steigt*, was nichts anderes sagen soll, als daß die Schutzwirkung der Doppelschichtladung durch den Elektrolytzusatz teilweise aufgehoben wird, daß die *Abstoßung* einer *Anziehung Platz* macht.

Diese Überlegungen bilden die Grundlage der Zsigmondyschen Auffassung, nach welcher das im folgenden als *„rasche"* Koagulation zu bezeichnende *Maximum der Koagulationsgeschwindigkeit* einer *Entladung der Doppelschicht bis unter ein gewisses Potential* entspricht und davon herrührt, daß gerade die Anziehungssphären der Teilchen am stärksten ausgebildet sind.



M. v. Smoluchowski denkt sich nun von dem Zeitpunkt an, wo der Elektrolyt zugesetzt wurde, ein jedes Teilchen der kolloiden Lösung mit einer *Anziehungssphäre* vom Radius R umgeben, innerhalb deren eine so heftige Anziehung herrscht, daß ein jedes andere derartige Teilchen darin festgehalten wird und eine unlösliche Verbindung mit dem ersteren eingeht, sobald sein Mittelpunkt in jene Sphäre hineingerät.

Diese Auffassung des Koagulationsvorganges hat den großen Vorteil, daß sie die Fragen und Aussagen nach der Struktur der Doppelschicht, nach dem Zusammenhang derselben mit Natur und Zahl der Ionen usw. ganz offen und unberührt läßt und eine mathematische Formulierung der Koagulationskinetik ermöglicht.

v. Smoluchowski sieht nun die zu lösende mathematische Aufgabe in der Berechnung der Zahlen $\nu_1, \nu_2, \nu_3, \ldots$ der zur Zeit t noch bestehenden einfachen, doppelten, dreifachen, . . . Teilchen, aus den Größen, welche das ganze System charakterisieren, nämlich der ursprünglich vorhandenen Teilchenzahl ν_0, der Größe des Wirkungsradius R und der Geschwindigkeitskonstante D der Brownschen Bewegung. Es fragt sich also: sind in der Volumeneinheit zur Zeit $t = 0$ n_0 Teilchen vorhanden, wie groß wird zur Zeit t die durchschnittliche Anzahl

n, derjenigen Teilchen sein, welche bis dahin mit keiner Wirkungssphäre R in Berührung gekommen sind? Anstatt die Gesamtheit der Teilchen in der Volumeneinheit zu betrachten, greifen wir nur ein einzelnes Teilchen heraus. Die Wahrscheinlichkeit $W_1(t)$, daß dasselbe bis zur Zeit t von keinem zweiten berührt worden sei, wird dann dem gesuchten Prozentsatz der dann noch frei gebliebenen Einzelteilchen entsprechen:

$$\frac{n_1}{n_0} = W_1(t).$$

Der Einfachheit der weiteren Berechnung halber wollen wir uns aber vorstellen, daß dieses eine, einzelne Teilchen ruht, festgehalten wird, und eben nur dieses eine einzige eine Attraktionssphäre besitzt, also alle anderen Teilchen nur zu ihm hin, untereinander aber überhaupt nicht koagulieren. Es wird also vorausgesetzt, daß die Kugelfläche vom Radius R ein jedes ankommende Teilchen festhalte, daß sie vollkommen adsorbierend wirkt, das heißt, daß an der Kugelfläche R konstant die Konzentration 0 herrscht.

Um die an die Kugel andiffundierte Menge Substanz zu berechnen, ist einfach die Verteilung einer Substanz zu bestimmen, welche ursprünglich den unendlichen Raum gleichmäßig erfüllt hat (Anfangskonzentration $= c$), vom Moment $t = 0$ angefangen aber gegen die Kugelfläche vom Radius R diffundiert, so daß von jenem Zeitpunkte an die Konzentration außerhalb der Kugel $u = 0$ aufrecht erhalten wird.

Aus der allgemeinen Diffusionsgleichung[1]) ergibt sich unter den gestellten Bedingungen, daß die im Zeitraume $t \ldots t + dt$ an die Kugel R andiffundierte Menge

$$4\pi D R c \left[1 + \frac{R}{\sqrt{\pi D t}}\right] dt$$

und die gesamte, von Anfang an abgeschiedene Menge

$$M = 4\pi D R c \left[t + \frac{2R\sqrt{t}}{\sqrt{\pi D}}\right] \text{ ist.}$$

Zur Vereinfachung der Rechnung vernachlässigen wir das Wurzelglied, d. h., wir betrachten den Koagulationsverlauf in einem Stadium, in dem t groß ist gegenüber $\frac{R^2}{D}$.

Es ist daher die Wahrscheinlichkeit, daß ein gewisses, anfangs irgendwo im Raume V gleich wahrscheinlich vorhandenes Teilchen sich im Zeitraum $t \ldots t + dt$ an die Kugel R sich anlagere $\left(\text{für } c = \frac{1}{v}\right)$.

$$W_t = \frac{4\pi D R}{v} dt.$$

Die Koagulationszeit, wo gerade durchschnittlich ein Teilchen an dem hervorgehobenen haften bleibt, ergibt sich zu

$$T = \frac{1}{4\pi R D \nu_0} = \frac{1}{\beta},$$

wenn man die Konzentration c durch die pro Volumeinheit entfallende Teilchenzahl ν_0 ersetzt hat, da dann die Anzahl der pro Zeiteinheit an dem hervorgehobenen Adsorptionskern anklebenden Teilchen gleich $4\pi R D \nu_0$ ist.

Nun ist aber in Betracht zu ziehen, daß das hervorgehobene Teilchen R selber *nicht* in Ruhe ist, sondern gleichfalls eine Brownsche Bewegung ausführt; für die Koagulation kommt somit die *relative* Bewegung in Betracht. Da aber die relative Bewegung zweier Teilchen, welche unabhängig voneinander Brownsche Molekularbewegungen nach Maßgabe der Diffusionskonstanten D_1, D_2 ausführen, wieder eine Brownsche Molekularbewegung ist, und zwar eine solche, die durch eine Diffusionskonstante $D_{1,2} = D_1 + D_2$ charakterisiert ist, so braucht im vorliegenden Falle nur der Koeffizient D verdoppelt werden[1]).

Es wäre mithin die Abnahme der Zahl der einfachen Primärteilchen gegeben durch

$$\nu_1 = \frac{\nu_0}{1 + 8\pi D R \nu_0 t} = \frac{\nu_0}{1 + \frac{2t}{T}}.$$

Hier ist aber nur die Vereinigung von *einfachen* zu *Doppel*teilchen in Betracht gezogen, während in Wirklichkeit auch die Bildung mehrfacher Teilchen zu berücksichtigen ist. Es wirken ja auch die bereits gebildeten Doppelteilchen,

---

[1]) $\frac{\partial (r u)}{\partial t} = D \frac{\partial^2 (r u)}{\partial r^2}$

$D = \frac{H\Theta}{N} \frac{1}{6\pi\eta\alpha}$; H ist die Gaskonstante, $83{,}19 \times 10^6$; Θ die absolute Temperatur; N die Avogadrosche Konstante, $60{,}6 \cdot 10^{22}$; η die innere Reibung des Systems und α der Teilchenradius.

$u = c$ für $t = 0$ $\quad r > R$ und
$u = 0$ für $r = R$ $\quad t > 0$

$$u = c\left[1 - \frac{R}{r} + \frac{2R}{r\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{r-R}{2\sqrt{Dt}}} e^{-z^2} dz\right]$$

Hieraus ergibt sich ganz einfach die im Zeitraume $t \ldots t + dt$ an die Kugel R andiffundierte Menge

$$J\, dt = 4\pi D R^2 \frac{\partial u}{\partial r}\Big/_R = 4\pi D R c \left[1 + \frac{R}{\sqrt{\pi D t}}\right] dt.$$

[1]) Da $W(x)\, dx = \frac{1}{2\sqrt{\pi D t}} e^{-\frac{x^2}{4Dt}} dx$ ist, so ist die Wahrscheinlichkeit, daß die nach Ablauf der Zeit t erreichte Verschiebung aus der Ruhelage $\xi \ldots \xi + d\xi$ betrage, resultiert als Produkt der voneinander unabhängigen Wahrscheinlichkeiten, daß ein Teilchen sich um x, das andere um $\xi + x$ verschoben habe:

$$W(\xi)\, d\xi = \int_{x=-\infty}^{+\infty} W(x)\, dx\, W(\xi + x)\, d\xi = \frac{d\xi}{2\pi t \sqrt{D_1 D_2}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{x^2}{4D_2 t} - \frac{(\xi+x)^2}{4D_1 t}} de = \frac{e^{-\frac{\xi^2}{4(D_1+D_2)t}}}{2\sqrt{\pi(D_1+D_2)}} d\xi.$$

dreifachen Teilchen usw. als Koagulationskerne, allerdings in einer Weise, welche sich leider nicht so genau berechnen läßt, da die Gestalt der mehrfachen Teilchen nicht kugelförmig sein dürfte. Es herrschen auch hier ähnliche Verhältnisse wie früher in dem einfachen Falle und die Gesamtabnahme der Zahl der Primärteilchen läßt sich gut darstellen durch die Gleichung:

$$\frac{1}{8\pi D R} \cdot \frac{1}{\nu_1} \cdot \frac{d\nu_1}{dt} = -\nu_1 - \nu_2 - \nu_3 - \ldots$$

Ganz analog erhält man auch die Reaktionsgleichungen für die verschiedenen Kategorien der mehrfachen Teilchen. Es ergibt sich somit durch Integration für die Gesamtzahl der Teilchen

$$\Sigma\nu = \nu_1 + \nu_2 + \nu_3 + \ldots = \frac{\nu_0}{1+\beta t},$$

wobei $\beta = 4\pi D R \nu_0$ gesetzt ist. Die Zahl der Primärteilchen ist dann gleich:

$$\nu_1 = \frac{\nu_0}{[1+\beta t]^2},$$

die der Doppelteilchen

$$\nu_2 = \nu_0 \frac{\beta t}{[1+\beta t]^3}$$

und allgemein für die Anzahl der n-fachen Teilchen

$$\nu_n = \nu_0 \frac{(\beta t)^{n-1}}{[1+\beta t]^{n+1}}.$$

Setzt man noch in die Formel der Koagulationszeit die Diffusionskonstante ein, so ergibt sich aus

$$T = \frac{1}{4\pi D R \nu_0}$$

und

$$D = \frac{H\vartheta}{N} \cdot \frac{1}{6\pi\eta\alpha}$$

die Koagulationszeit gleich

$$T = \frac{3N\eta}{2H\vartheta\nu_0} \cdot \frac{\alpha}{R}.$$

Diese Formel gilt jedoch *nur* für die bereits eingangs besprochene *rasche Koagulation*, d. h. für den Fall, als der *Elektrolytzusatz groß ist*, wobei die Attraktionssphäre von der Elektrolytkonzentration bereits unabhängig ist. Ist der Elektrolytzusatz klein, so kann man sich den Verlauf dann so vorstellen, daß von den unmittelbaren Zusammenstößen der Teilchen nur ein von der Elektrolytkonzentration abhängiger *Bruchteil* zur Teilchenvereinigung führt. Es ist klar, daß dies nur eine *Verlangsamung* des Vorganges bewirkt, wobei der innere Mechanismus des Prozesses wohl *unverändert* bleibt. *v. Smoluchowski* stellt sich vor, daß im Falle unvollständiger Entladung der Doppelschicht die Anziehungskräfte der Wirkungssphäre so weit *abgeschwächt* seien, daß von den unmittelbaren Zusammenstößen der Teilchen nur ein gewisser, von der Elektrolytkonzentration eben abhängiger *Bruchteil* eine sofortige Verbindung derselben bewirkt. Es ist dann einfach in den bereits gegebenen Formeln das Glied βt durch $\varepsilon\beta t$ zu ersetzen. Ist

$$\alpha = 4\pi R D,$$

so ergibt sich

$$\alpha = 8\pi r D \varepsilon = \frac{4}{3}\frac{H\vartheta}{N} \cdot \frac{\varepsilon}{\mu},$$

wo ε eben einen der Größe jenes Bruchteiles entsprechenden Zahlenkoeffizienten darstellt.

Die bei verschiedenen Konzentrationskurven des Kolloids und des Elektrolyten erhaltenen Koagulationskurven müssen daher *ähnlich* sein in dem Sinne, daß sie durch eine entsprechende Änderung des Zeitmaßstabes zur Deckung gebracht werden können.

Vorstehende in großen Umrissen skizzierte Theorie der Koagulationskinetik ist von *M. v. Smoluchowski* auf Anregung von *R. Zsigmondy* auf rein *deduktivem* Wege ausgearbeitet worden und im Rahmen der Vorträge der *Wolfskehl*stiftung am 20.—22. Juni 1916 in Göttingen der Öffentlichkeit übergeben worden.

Die erste Bestätigung fanden die Berechnungen *v. Smoluchowskis* in Versuchen von *R. Zsigmondy* an kolloiden Goldlösungen *vollkommener Gleichmäßigkeit*, die durch großen Elektrolytzusatz zur *raschen* Koagulation gebracht wurden. Durch Zugabe eines kräftigen Schutzkolloids (Gummilösung) unterbrachen *Zsigmondy* und *Reitstötter* nach einer bestimmten Zeit vollkommen die Koagulation und zählten die verbliebenen *Primär*teilchen im Spaltultramikroskop aus. Ebenso befriedigend und bestätigend für die Theorie sind die Ergebnisse, die *Westgren* und *Reitstötter* geliefert haben, die an Stelle der Primärteilchen (ν_1) *die Gesamtzahl* ($\Sigma\nu$) der Teilchen ermittelten. Neuerdings hat *Westgren* bestätigt, daß die Ansichten *v. Smoluchowskis* betreffs der *langsamen* Koagulation ebenfalls zutreffend sind und daß der Wirkungsradius genau *doppelt* so groß wie der Teilchenradius sein dürfte; daß die Teilchen also *keine* Wirkung aufeinander ausüben, ehe sie zusammenstoßen oder wenigstens nicht, bevor sie einander sehr nahe gekommen sind.

Die Möglichkeit besteht also, daß man durch weitere Messungen auf diesem Arbeitsfelde der Lösung des schwierigen Koagulationsproblemes näher kommen kann.

Literatur:

M. v. Smoluchowski, Phys. Z. *17*, 557, 585 (1916);
M. v. Smoluchowski, Z. f. phys. Chem. *92*, 129 (1917);
M. v. Smoluchowski, Koll. Z. *21*, 98 (1917).
R. Zsigmondy, Nachr. d. Akad. d. Wissensch. Göttingen 1917, Heft 1, Seite 1;
R. Zsigmondy, Z. f. phys. Chem. *92*, 600 (1917);
R. Zsigmondy, Z. f. Elektrochemie *23*, 148 (1917).
A. Westgren u. *J. Reitstötter*, Z. f. phys. Chem. *92*, 750 (1917).
A. Westgren, Arkiv f. Kemi, Mineralogi och Geologi, utg. av K. Svenska Vetenskapsakad., Stockholm 1918. Bd. 7, Nr. 6, Seite 1.

Besprechungen.

Steffen, Hans, Westpatagonien, die patagonischen Kordilleren und ihre Randgebiete, auf eigene Reisen gegründete Landschaftsdarstellung, verbunden mit einem Abriß der Erforschungsgeschichte des Gebiets. Herausgegeben mit Unterstützung der Ges. f. Erdk. zu Berlin. 2 Bände, 69 Textbilder, 32 Lichtdrucktafeln, 13 Karten. Berlin, Dietrich Reimer (Ernst Vohsen), 1919. Preis M. 80,—.

Westpatagonien, der südlichste Abschnitt der Anden und seine Randgebiete, war bis in die neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts ein verhältnismäßig unbekannter Erdstrich. Der zwischen Chile und Argentinien 1881 abgeschlossene Grenzvertrag war daher auf falsche Voraussetzungen gegründet und gab bald zu unüberbrückbaren Meinungsverschiedenheiten Anlaß, deren Austrag die beiden Staaten schließlich einem englischen Schiedsgerichte übertrugen. Um ihren Ansprüchen eine topographische Grundlage zu geben, wurden beiderseits Expeditionen in die noch unbekannten strittigen Gebiete geschickt. Hierbei legte Argentinien vornehmlich Wert auf die Feststellung einer zur Grenze geeigneten „Hauptkordillere", während Chile in erster Linie die Erkundung der kontinentalen Wasserscheide anstrebte. Die Lösung der von vornherein aussichtsreicheren, weil voraussetzungslosen chilenischen Aufgabe lag in der Hauptsache in der Hand *Steffens*, der im Auftrage der Regierung 1892 bis 99 sieben Expeditionen ausführte. Er durchquerte das Gebirge zwischen 41 ° und 48 ° s. Br. auf einer ganzen Anzahl ganz oder größtenteils unbetretener Wege in ihrer ganzen Breite und bereicherte die Kenntnis schon vorher aufgesuchter Gegenden durch neue Beobachtungen. Auch wies er anderen Reisenden erfolgreiche Wege, die selbst zu gehen, die Zahl seiner Aufgaben ihn behinderte. Auf Grund des so gesammelten umfangreichen Materials hatte er dann als wissenschaftlicher Beirat entscheidenden Einfluß auf den 1902 in London gefällten — ein Kompromiß herstellenden — Schiedsspruch. — Der Fachliteratur sind *Steffens* Reiseerfolge jeweils rasch zugute gekommen, ein weiterer Kreis zog Nutzen daraus in den ihnen folgenden recht bedeutenden Atlasverbesserungen. Nun, nachdem die Erschließung der endgültig zuerteilten Landstriche weitere Erkundungen gezeitigt hat und die geographische Entschleierung Westpatagoniens zu einem der Einzelforderung freilich noch bedeutenden Raum lassenden Abschlusse gekommen ist, faßt *Steffen* in dem vorliegenden Werke das Gesamtergebnis der jüngsten Forschungsperiode zu einer Monographie Westpatagoniens zusammen. Ihr Inhalt ist ein dreifacher: Erstens gibt sie ein landeskundliches Bild des südlichen Chile und seiner Grenzgebiete. Zweitens setzt sie durch die Einflechtung der älteren Entdeckungen und Forschungen den Leser instand, die allmähliche Entschleierung dieses nach Weltlage, Landschaft und entdeckungsgeschichtlicher Bedeutung gleich hervorragenden Erdstriches noch einmal zu erleben. Drittens enthalten die stets betonten Beziehungen zwischen Erforschung und Politik eine bei der Stellung des Verfassers besonders bedeutsame Erläuterung und Kritik des großen Grenzstreites und einen Beitrag zur Entstehungsgeschichte der Staatsgrenzen überhaupt, mit Einblicken in die Seele der den Grenzstreit austragenden Männer mit ihren zwischen wissenschaftlicher Objektivität und patriotischer Voreingenommenheit schwankenden Regungen. — Einem allgemeinen, in das Gebiet als Ganzes einführenden Teile folgt in fünf je von einem erforschungsgeschichtlichen Abriß eingeleiteten Abschnitten die Darstellung der verschiedenen Regionen, deren Einzellandschaften in ihrer Reihenfolge von der Küste nach dem Inneren zu physisch und anthropogeographisch beschrieben und hinsichtlich der vorliegenden — gelösten oder noch zu lösenden — Probleme besprochen werden. Von den zahlreichen Karten und Bildbeigaben, deren erstere das ganze Gebiet, einen Teil des Küstenmeeres, die einzelnen Kordillerenabschnitte und besonders belangreiche Gegenden topographisch und auch geologisch in verhältnismäßig großen Maßstäben darstellen, sind von besonderer dokumentarischer Bedeutung alle die, die in unmittelbarem Zusammenhang mit des Verfassers Forschungstätigkeit stehen: die Itinerarkarten, die photographischen Erstaufnahmen vorher von Weißen unbetretener Gegenden und vor allem auch die zahlreichen Ausschnitte aus seinen Skizzenbüchern.

Die in der Hauptsache aus Massengesteinen, in geringerem Maße aus kristallinischen Schiefern und gefalteten mesozoischen Schichtgesteinen aufgebauten patagonischen Kordilleren unterscheiden sich von ihrer nördlichen Fortsetzung durch ihre Gliederung durch meridionale Tiefenlinien und diagonal in verschiedenen Richtungen in geringer Seehöhe verlaufende Querfurchen. Die ersteren offenbaren sich in der nordsüdlichen Folge ausgedehnter Meereskanäle des Küstenarchipels und in den Längssenken am Ostfuße der Kordilleren. Die letzteren, welche z. T. bis zur atlantischen Küste reichen, weisen den Flußläufen ihren Weg. Die Kordilleren unterscheiden sich ferner durch den starken Meereseingriff in ihr Küstengebiet, der das Ergebnis langanhaltender, in Richtung und Intensität wechselnder Küstenbewegungen ist: Der pliozänen Transgression folgte eine Hebung, die auch gegenwärtig vielerorts nachweisbar ist (landfeste Bänke rezenter Muscheln), während andere mitunter benachbarte Küstenstrecken sichtbar sinken (versinkende, absterbende Küstenwälder). Die Intensitätszunahme der Hebung nach Norden bewirkt, daß die Querfurchen im äußersten Süden Meeresstraßen (Magellanstraße), ein wenig nördlicher tiefeinschneidende Buchten mit angeschlossenen Tälern (Ultima Esperanza), noch weiter nördlich halbmeererfüllte (Rio Baker) und endlich landfeste und mit den Mündungen untergetauchte oder Kryptodepressionen enthaltende Täler sind. Auf die tektonische Natur der Senken weist auch die starke Beteiligung des Vulkanismus am Aufbau des Gebirges hin, vornehmlich die lange Reihe großer, den neueren Ausbrüchen zufolge in einem einheitlichen Magmaherde wurzelnder Vulkane an der Küste gegenüber Chiloé und den Chonosinseln. Auch Erdbeben haben in jüngerer Zeit im kleinen umgestaltend gewirkt. Tektonisch angelegt sind die in vielfach geknickten, geradlinigen und untereinander parallelen Talstrecken verlaufende, meist jenseits der höchsten Erhebungen entspringenden Flüsse und vermutlich auch die großen Seebecken am Ostrand der Kordilleren. Auch der Wechsel der Flußläufe zwischen schnellenerfüllten Durchbruchstrecken (Angosturas) und tiefsohligen, kesselartigen, oft von Sümpfen eingenommenen Erweiterungen hängt wohl mit Erhebungsvorgängen des Gebirges zusammen. Daneben hat die rückschreitende Erosion schon zur Zeit der tertiären Höhenlage durch Anzapfungen die ursprüngliche Talnetzanlage stellenweise verwischt, während andererseits auch vulkanische Ergüsse durch Abdämmungen laufverlegend und see-

aufstauend gewirkt haben. — Mit den im Gebirgsbau begründeten Erscheinungen mischen sich die mit der 13 Breitengrade umspannenden Ausdehnung an der Westseite des Kontinentes zusammenhängenden. Die vorwiegend westlichen Winden ausgesetzte pazifische Abdachung der Kordilleren empfängt ungewöhnlich hohe Niederschlagsmengen, die eine mit der Breite wachsende, bis zur Bildung zusammenhängender Eisflächen gesteigerte Vergletscherung zur Folge haben, die aber nur der Nachhall der viel ausgedehnteren mehrphasigen diluvialen Vereisung ist. Von dieser zeugt ein vollständiger glazialer Formenschatz, von dem vor allem die sowohl im Küstengebiete wie im Seenbezirke häufigen Fjorde hervorzuheben sind. Der Breitenausdehnung und dem Wirkungsbereiche regenbringender Winde entspricht die Ausbreitung und Zusammensetzung der vorherschenden Vegetationsformation, des Waldes, der landeinwärts in die ostpatagonischen Steppen ausklingt und südwärts aus dem üppigen, das Eindringen so sehr erschwerenden „chilotischen" in den dürftigeren „magellanischen" Wald übergeht. — Die morphologischen und klimatologischen Tatsachen bedingen die landschaftliche Gliederung Westpatagoniens in drei meridionale Gürtel, das regenwaldbedeckte Hochgebirge, die trockene Steppenregion des Ostens und die zwischen beiden gelegene „subandine" Übergangsregion, und die Scheidung in eine nördliche und eine südliche Hälfte, das durch Flüsse quergegliederte, gletscherärmere, vom chilotischen Walde bedeckte nördliche und das ausgedehnter untergetauchte, stärker und mehr längsgegliederte, stark vergletscherte, vom magellanischen Walde bestandene südliche Westpatagonien. — Der wirtschaftliche Schwerpunkt der jüngst erschlossenen Gebiete liegt in der vornehmlich zur Weidewirtschaft geeigneten subandinen Längszone, wo die Chilenen in Punta Arenas an der Magellanstraße und am Nahuelhuapi und die Argentinier im Valle 16 de octubre schon vor längerer Zeit Kolonisationsmittelpunkte gegründet haben und wo auch neuerdings verstreute, meist von Gesellschaften zwecks Schafzucht und Waldwirtschaft angelegte Siedlungen entstanden sind. Auch nach Schlichtung des Grenzstreites stellen sie noch einen Zankapfel zwischen Chile und Argentinien vor, insofern ihre Entwicklung vom Anschluß an das Verkehrsnetz des einen oder anderen Staates, in letzter Linie also von der Frage abhängig ist, welches menschenfeindliche Hindernis vom Verkehre eher überwunden wird, die wilden Kordilleren oder die öden Geröllebenen Ostpatagoniens.

Über den Wert einer so umfangreichen, ein bisher wenig bekanntes Gebiet zum ersten Male zusammenfassend behandelnden Veröffentlichung für die Wissenschaft braucht kein Wort verloren zu werden. Sie zählt unter die klassischen länderkundlichen Werke, die ungeachtet aller weiteren Fortschritte in der Erkenntnis des Landes und aller Wandlungen der Anschauungen ihre Bedeutung nie verlieren. Wir Deutschen haben besonderen Anlaß, *Steffens* „Westpatagonien" zu begrüßen, einmal, weil es ein neues Glied in der langen Reihe deutscher Beiträge zur Geographie Südamerikas ist, zum andern, weil sein Erscheinen in einer unsere geographische Forschertätigkeit stark einengenden Zeit einen doppelt zu schätzenden Gewinn bedeutet. *B. Brandt, Belzig.*

Passarge, Siegfried, Die Grundlagen der Landschaftskunde. Ein Lehrbuch und eine Anleitung zu landschaftskundlicher Forschung und Darstellung. Band I: Beschreibende Landschaftskunde. XII, 210 S., 83 Abb. und 18 Tafeln. Gr. 8°. Hamburg, L. Friederichsen u. Co., 1919. Preis M. 15,—.

Die Landschaftskunde ist ein neuer und wichtiger Zweig der Erdkunde, wichtig, weil die Kenntnis des Raumes und seines Inhaltes zum Verständnis der Erscheinungen des Tierlebens und der Menschenwelt notwendig ist. Die Landschaftskunde baut sich auf denjenigen Wissenschaften auf, die ihre Forschungsgegenstände im Raume haben — das sind vor allem die einzelnen Disziplinen der physischen Erdkunde —, und findet ihre Krönung in der Länderkunde. Jede landschaftskundliche Forschung muß zunächst an das anknüpfen, was man in der Natur sieht, unbekümmert um dessen Erklärung, also keine „erklärende Beschreibung" der Landformen im Sinne von *W. M. Davis*, mit dessen Auffassung und Methode sich *Passarge* schon in seinem Buche „Physiologische Morphologie" (Hamburg 1912) auseinandergesetzt hatte. Erst wenn man ein möglichst vollständiges Tatsachen- und Beobachtungsmaterial beisammen hat, soll man an die Erklärung herangehen.

Zur Beschreibung einer Landschaft gehört aber die Kenntnis einer Anzahl von Fachausdrücken, die möglichst so gewählt werden sollen, daß sie lediglich beschreibend die äußere Form kennzeichnen. Das ist nicht immer einfach, und auch *Passarge* hat daher die Fülle morphologischer Namen um eine Anzahl neuer vermehrt. Nun hat aber eine Landschaft einen so unendlich reichen Inhalt, daß es, um möglichst viel zu sehen und möglichst wenig zu übersehen, der planvollen Landschaftszergliederung bedarf, die zugleich — ein nicht geringer Vorteil — alle Beobachtungen bereits gruppiert enthält. Auf Grund seiner reichen, auf ausgedehnten Forschungsreisen gewonnenen Erfahrungen gibt daher *Passarge*, einer unserer hervorragendsten Führer auf physisch-geographischem und länderkundlichem Gebiete, eine planvolle Landschaftszergliederung als Anhalt für geographische Beobachtungen. Zwar handelt es sich hierbei vielfach nur um eine nüchterne Aufzählung und Gruppierung; aber sie dringt so lichtvoll in alle Einzelheiten ein und umfaßt ein so weites Gebiet, daß jeder geographische Forschungsreisende neben den Werken von *Kaltbrunner*, *Neumayer* und *v. Richthofen* *Passarges* Landschaftskunde unbedingt zur Hand haben sollte. Der bisher erschienene erste Band soll nur eine Anleitung zu einer auf den Tatsachen sich aufbauenden Landschaftsbeschreibung sein. Die Erklärung der Entstehungsmöglichkeiten ist dem 2. und 3. Bande vorbehalten.

Da ein Eingehen auf Einzelheiten hier nicht möglich ist, so sei nur folgendes hervorgehoben: Die Fülle der Erscheinungen, mit denen es die Landschaftskunde zu tun hat, sind die Erscheinungen der Lufthülle, die Landformen, Gesteine und Verwitterungsböden, Vulkanismus und Erdbeben, Festlandsgewässer und Meer, Küsten und Inseln, Pflanzendecke, Tierwelt und Mensch, die beiden letzteren nur bis zu gewissem Grade. Alle diese Erscheinungen werden — und darin liegt der Schwerpunkt des Werkes — auf 140 Seiten in erschöpfender Zusammenfassung behandelt, und zwar rein beschreibend. Am ausführlichsten ist der Abschnitt über die Formen der festen Erdoberfläche, weil sie die wichtigste Grundlage für eine physische Landschaftskunde bilden und weil gerade auf diesem Gebiet der Nichtfachmann am meisten mit den Schwierigkeiten der Fachausdrücke zu kämpfen hat. Die hierher ge-

hörigen Formen gliedert *Passarge* in die Reihe: Formbestandteile, Grundformen, Gruppenformen, Formengebiete und Formengürtel.

Für die Zusammenfassung der aus der Landschaftszergliederung gewonnenen Tatsachen ist aber eine neue wichtige Aufgabe die Schilderung des Gesehenen, die vor allem auch der ästhetischen, malerischen und künstlerischen Seite der Landschaft Rechnung tragen muß. Hierbei genügt es jedoch nicht, mit allgemeinen Ausdrücken wie schön, häßlich, großartig, langweilig usw. zu arbeiten, sondern man muß den Dingen ebenfalls zergliedernd nachgehen. Nachdem schon *Ratzel* nebst einer Anzahl seiner Schüler und *Hellpach* dieser Seite der Landschaftskunde Beachtung geschenkt haben, widmet auch *Passarge* der ästhetischen Landschaftskunde und Landschaftsbeschreibung zwei Kapitel und hat seine Grundsätze noch an einem besonderen Beispiel, der Steppen-Flußtalung des Okawango (Mtlgn. Geogr. Ges. Hamburg 1919) durchgeführt.

Wie man eine Landschaft aus den Naturgegebenheiten heraus auffaßt, so muß man ihre Züge auch aus der Karte herauszulesen verstehen. Darum enthält der Anhang eine Anleitung zum Kartenlesen mit einer Fülle von Beispielen über Städte, deutsche Mittelgebirge, Alpen, Schweizer Jura, Norwegen und Italien unter Zugrundelegung der Baedekerkarten (im Buche ist merkwürdigerweise durchweg Bädecker zu lesen). Den Beschluß bilden als ausgewählte Beispiele für Landschaftsbeschreibungen die kurzen Erläuterungen der dem Werke beigegebenen Bildertafeln.

Alles in allem ist *Passarges* Landschaftskunde ein wohldurchdachtes, in scharfer und ins einzelne gehender Gliederung durchgeführtes Buch mit vielen neuen Gesichtspunkten. Wenngleich wesentlich für Anfänger, Studierende und Lehrer und für Nichtgeographen bestimmt, die sich in der Heimat oder in Übersee mit geographischen Dingen beschäftigen wollen, so findet auch der Fachmann in ihm reiche Belehrung und Anregung. *Kurt Hassert, Dresden.*

Abel, O., Die Stämme der Wirbeltiere. Berlin-Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger Walter de Gruyter & Co., 1919. XVIII, 914 S. und 669 Fig. Preis geh. M. 56,—, geb. M. 62,—.

Seit *Zittels* Grundzügen ist kein Buch mehr erschienen, das den Formenreichtum der vorzeitlichen Wirbeltiere so zur Darstellung bringt, daß Paläontologen und Zoologen wirklichen Nutzen davon haben. Zwar ist das kleinere Zittelsche Buch von Autoritäten immer wieder nachgearbeitet worden, jede Auflage brachte eine Vermehrung der fremdartigen Formen aus der Vergangenheit. Aber das Schema blieb das alte, und so groß das Verdienst der Modernisierung auch ist — eigentlich ist der *Zittel* das geblieben, was er vor 25 Jahren war. Man mag das bedauern, wird aber die Schüler und Freunde *Zittels* verstehen, denen das Gedenken des Meisters grundlegende Änderungen verbot.

Die Paläontologie ist aber nicht bei *Zittel* stehen geblieben. Keine der beschreibenden Naturwissenschaften hat derart stürmische Fortschritte gemacht, keine blüht in ähnlichem Tempo auf. Es ist für alle Forscher, die mitarbeiten oder mitgenießen, eine wundervolle Zeit. Das Durchforschen der Nachbargebiete, das Hineinsaugen aller Forschungsrichtungen ist bezwingend, und an vielen Stellen fordert die Paläontologie bereits einen Fortschritt der Nachbarn, ein Zeichen, daß sie aus einer nehmenden eine *selbst* gebende Naturwissenschaft werden will. An der Spitze der Stürmer steht *O. Abel* in Wien — seine „Paläobiologie" hat vor einigen Jahren gewirkt wie ein Lichtstrahl im Vorfrühling — jetzt baut er den Garten aus. Sein neues Buch hat einen kleineren Vorläufer gehabt; die „vorzeitlichen Säugetiere" haben diese große Tierklasse vorweggenommen. Das eben erschienene Buch arbeitet vor allem die Grundlagen der wichtigsten primitiven Stämme heraus, der Fische, der uralten Stegocephalen, der Stammreptilien, in denen die Ahnen so vieler moderner Typen stecken. Und die Durcharbeitung ist meisterhaft, klar, scharf — so weit in Einzelheiten gehend, daß nicht nur der Freund unserer Wissenschaft Freude daran haben muß, sondern daß auch der Forscher an dem selbständigen frischen Anfassen lernt. Daß *Abel* besonders gut biologisch begründete Ähnlichkeiten hervorhebt, daß er sich bemüht, sie aus dem stammesgeschichtlichen Geschehen auszuscheiden, ist bei seiner ganzen Arbeitsmethode selbstverständlich. Als ein besonders großes Verdienst aber möchte ich die große Zahl glänzender Bilder hervorheben, die auf der einen Seite die gesamte einschlägige Literatur bis in die jüngste Zeit ausnutzen, die aber außerdem eine wahre Riesenzahl von Umzeichnungen oder ganz neuen Bildern umfassen. Dazu kommt die fast überall mustergültige Klarheit der Bilder; sie sind morphologisch wie anatomisch vorzüglich und stets tritt das Wesentliche sofort klar in Erscheinung.

Man wird *Abel* danken müssen für das neue Buch. Viele Augen sind nach Wien gerichtet und erwarten den nächsten Schritt; bis jetzt geht es vorwärts, aufwärts mit unserer Wissenschaft. Möge *Abel* lange ihr Führer bleiben! *Fr. Drevermann, Frankfurt a. M.*

Walther, J., Allgemeine Paläontologie. Geologische Fragen in biologischer Betrachtung. I. Teil: Die Fossilien als Einschlüsse der Gesteine. Berlin, Gebrüder Bornträger, 1919. X, 190 S. Preis geh. M. 12,—.

Das vorliegende Heft stellt den ersten der drei Teile eines Buches dar, in dem Fragen der Geologie „in biologischer Betrachtung" erörtert werden sollen. Der zweite Teil soll die *Vorgänge des Lebens* an der Hand der fossilen Überreste, der dritte *die geologische Umwelt der Fossilien* und *das Problem der Entwicklung* im Laufe der geologischen Zeiträume behandeln.

Der Inhalt des Werkes deckt sich also so ziemlich mit dem, was unter *„Paläobiologie"* verstanden zu werden pflegt, da sich diese Forschungsrichtung in erster Linie die Ermittlung der Beziehungen zwischen den Lebewesen der Vorzeit und ihrer Umwelt zum Ziele gesetzt hat.

Der Leser darf jedoch nicht erwarten, in dem bisher vorliegenden ersten Teil eine Verarbeitung zu einem einheitlichen Ganzen zu finden. Was der Verfasser nach verschiedenen Kapitelüberschriften zusammengestellt hat, sind aneinandergereihte Notizen, sowohl eigene Beobachtungen als auch Angaben aus anderen Schriftstellern; die betreffende Literatur ist am Ende der Kapitel zusammengestellt und kann gewissermaßen als Zettelkatalog für den Fachmann dienen, der sich mit diesen Problemen beschäftigt, da im Texte keine exakten Hinweise auf die Literatur gegeben sind. Es wird also dem Leser überlassen, sich in der Fachliteratur die Belege für die angezogenen Beispiele zusammenzusuchen.

Obwohl dem ersten Hefte (und es steht zu befürchten, auch den folgenden) keine einzige Abbildung

beigegeben ist, was das Werk für den Studierenden unbrauchbar macht, so ist es doch für den Paläobiologen von Fach dadurch wichtig, daß es eine größere Zahl von Notizen und eigenen Beobachtungen des Verfassers bringt, die für denjenigen von Wert sein dürften, der sich mit der Klärung der betreffenden Probleme beschäftigt. Von einer übersichtlichen Zusammenfassung und Verarbeitung zu einem Gesamtbilde ist dieser erste Teil der „Allgemeinen Paläontologie" *Walthers* weit entfernt und macht auch, wie aus dem Vorworte hervorgeht, eigentlich keinen Anspruch darauf. Nur wäre es besser gewesen, dieser Sammlung verschiedener interessanter Beobachtungen etwa die Überschrift *„Paläobiologische Notizen"* zu geben, was dem Inhalte eher entsprochen hätte.

O. Abel, Wien.

Zuschriften an die Herausgeber.

Über den Zusammenhang einiger physikalischer Eigenschaften mit der Elektronenordnung in den Elementen.

Vor kurzem hat Herr *R. Ladenburg* interessante Betrachtungen über die Elektronenordnung in den Elementen der großen Perioden veröffentlicht[1]), zu denen es mir gestattet sei, einige Randbemerkungen zu machen. Er selbst hat in einem Nachtrag[2]) darauf hingewiesen, daß ich bereits vor 5 Jahren versuchte, Beziehungen zwischen der Atomvolumenkurve (die ich damals wohl zuerst mit den Atomnummern als Abszisse verwendete) und den Vorstellungen über die Bohrschen Elektronenringe aufzustellen[3]). Freilich sind die ersten Bohrschen Ansätze seither überholt, und damit teilweise auch meine damaligen Gedankengänge. Herr *Ladenburg* hat weiter in geistvoller Weise zu erweisen getrachtet, daß für den Paramagnetismus der in der Gegend der Atomvolumenminima liegenden Elemente eine „Zwischenschale" der Elektronen maßgeblich sein dürfte. Zu einer ähnlichen Auffassung gelangte ich nun auch bereits vor 5 Jahren in meiner Abhandlung über die Magnetisierungszahlen isotoper Stoffe[4]). Aus verschiedenen Umständen, insbesondere auch aus der Unabhängigkeit der Suszeptibilität von der Dissoziation schloß ich, daß für den Magnetismus „der äußerste Valenzelektronenring nicht allein maßgeblich sein kann" und man geneigt wäre, „die magnetischen Eigenschaften wenigstens teilweise in einem weiter innen gelegenen Elektronenring zu suchen". Es ist sehr erfreulich, daß diese Anschauung nun durch Herrn *Ladenburg* ein besseres Fundament erhält.

Endlich sei mir auch betreffs der Farben eine Notiz erlaubt, abgesehen von dem den Magnetikern bekannten und geradezu als Leitfaden geltenden Umstand, daß im allgemeinen die paramagnetischen Salze, im Gegensatz zu den weißen diamagnetischen, gefärbt sind. Gemeinsam mit *K. Przibram* habe ich über die Verfärbung von Salzen und Gläsern durch Becquerelstrahlen[5]) Beobachtungen veröffentlicht, aus denen hervorzugehen scheint, daß die entstehende Farbe wesentlich von den gelösten Metallpartikeln herrührt, wie dies ja auch früher vielfach angenommen war. Nehmen wir beispielsweise die Farbe der Borate, für Li = rötlichbraun, Na = violett, K = blau, Rb = grünlichblau, so decken sich diese bei der β-Bestrahlung (Aufnahme von Elektronen) entstehenden Farben völlig mit denen des Sols (kleiner Teilchen) und des Dampfes der metallischen Alkalien. Man könnte sich zur Annahme gedrängt fühlen, daß die in fester Lösung befindlichen Metallionen durch Aufnahme je eines Elektrons neutralisiert werden und daß die farblosen Ionen sich in farbige neutrale Atome wandeln. Nun sind nach den *Kossel*schen Vorstellungen die Ionen der Alkalien (nach Abgabe des Elektrons der äußersten Valenzschale) von der Type der Edelgase und sie sind farblos; nach Neutralisierung und Wiederentstehen einer sehr weiten äußeren Elektronenbahn aber wären sie nach obiger Auffassung gefärbt. Ähnliches läßt sich auch für Ca, Sr, Ba und andere Elemente zeigen, doch ist in den meisten Fällen auch der metalloide Bestandteil für die Farbengebung bei radioaktiver Bestrahlung von Bedeutung, wodurch die Betrachtungen komplizierter werden. Es scheint mir möglich, diese Farberscheinungen in analoger Weise, wie dies Herr *Ladenburg* im Hinweis auf *J. Stark* für die farbigen *Ionen* getan hat, auf relativ „lockere" Elektronen zurückzuführen, nur daß es sich hier in den Spitzen der Atomvolumina gerade um die *neutralisierten Atome* handeln müßte. Daß es sich bei den farbgebenden Teilchen um solche von Atomgröße handeln soll, mag im ersten Augenblick befremdlich erscheinen, da man gewöhnlich an kolloide größere Komplexe denkt; jedoch ist in diesen Fällen eine ultramikroskopische Auflösung bisher nicht gelungen und die Gleichheit der Farbe des Dampfes spricht gewiß nicht dagegen.

Wien, den 6. Februar 1920. *Stefan Meyer.*

[1]) *R. Ladenburg*, Die Naturwissenschaften *8*, 5, 1920.
[2]) Ebenda, 8, 57, 1920.
[3]) Mitt. aus dem Ra.-Inst. Nr. 78, Wien. Ber. *124*, 251, 1915.
[4]) Mitt. Ra.-Inst. Nr. 77, Wien. Ber. *124*, 187, 1915.
[5]) Mitt. Ra.-Inst. Nr. 24, Wien. Ber. *121*, 1413, 1912; Mitt. Ra.-Inst. Nr. 58, Wien. Ber. *123*, 653, 1914.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Sitzung der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin am 7. Februar hielt Herr Dr. *Otto Lutz* (Berlin) einen Vortrag mit Lichtbildern über den **Panamakanal.** Mit Eröffnung dieser künstlichen Wasserstraße im Frühjahr 1914 war ein Ziel jahrhundertelangen Strebens erreicht. Seit *Ferdinand Cortez* den Gedanken einer Durchstechung des mittelamerikanischen Isthmus ausgesprochen, war dieses Projekt niemals ganz in Vergessenheit geraten; seiner Ausführung stellten sich jedoch bei dem damaligen Stande der Technik unüberwindliche Schwierigkeiten in den Weg. Und selbst ein *Ferdinand von Lesseps*, der glückliche Erbauer des Suezkanals, sah sein Projekt noch scheitern. Nachdem Tausende seiner Arbeiter vom Fieber dahingerafft waren, mußte er die 1882 begonnenen Bauarbeiten schon 1889 wieder einstellen. So blieb es den Amerikanern vorbehalten, den Panamakanal zu ihrem Nationalwerk zu machen. Für das Spottgeld von 12 Millionen Franken kauften sie den Franzosen alles Material, alle Pläne, Maschinen usw. ab und begannen 1903 selbst mit dem Bau, und zwar unter ganz anderem Gesichtspunkte. Hatten die Franzosen mit der Schaffung des Panamakanals an die Hebung des Weltverkehrs gedacht, so war bei den Amerikanern der Grundgedanke imperialistischer Art; darum brauchten keine Mittel gescheut zu werden zur Erreichung des Zieles. Mit dem französischen Material hatten die Amerikaner auch die Erfahrungen ihrer unglücklichen Vorkämpfer übernommen, und so war ihre erste Tat eine groß-

zügige Sanierungsaktion der ganzen Kanalzone, die sich acht Kilometer beiderseits des Kanals selbst erstreckt und von der Republik Panama käuflich erworben war. An der Hand von Lichtbildern zeigte der Vortragende, wie die Wassertümpel und Rinnsale mit Petroleum begossen wurden, um die Brutplätze der das Fieber übertragenden Insekten zu vernichten, wie Entwässerungskanäle angelegt, Sümpfe zugeschüttet wurden. Die Wohnhäuser der weißen Beamten und Arbeiter wurden mit dichtmaschigen Drahtnetzen umgeben; die Leute selbst ständig ärztlich beobachtet. So wurde innerhalb von zehn Monaten das ganze Kanalgebiet völlig vom gelben Fieber befreit und die Zahl der Malaria-Erkrankungen von 12 % auf 1 % herabgedrückt. Die Kosten dieser Sanierung, 80 Millionen Dollar, haben sich durch die infolge der besseren Gesundheitsverhältnisse der Arbeiter erhöhten Arbeitsleistungen glänzend verzinst. Ebenso hervorragend wie diese Vor- bzw. Nebenarbeiten wurde nach kurzer Zeit auch der eigentliche Bau organisiert. Eine Militärkommission mit Oberst *Goethals* (dem späteren Generalquartiermeister der amerikanischen Truppen in Europa während des Weltkrieges) an der Spitze übernahm die Leitung. Drei Bauabteilungen, die atlantische, die mittlere und die pazifische, teilten sich in die technischen Arbeiten, die der Vortragende mit Hilfe zahlreicher Lichtbilder erläuterte. Besonders eindrucksvoll waren die Bilder der Schleusenanlagen, die dank genialer Konstruktionen innerhalb von 15 Minuten durch einen einzigen Mann in Tätigkeit gesetzt werden können, hinsichtlich ihrer Breite aber hinter den Anlagen des Kaiser-Wilhelm-Kanals zurückbleiben. Als morphologisch sehr interessant seien noch die Bilder von dem Culebra-Einschnitt erwähnt, bei dem nicht vorhergesehene Schwierigkeiten zu überwinden waren. Infolge der ungünstigen geologischen Struktur des Geländes traten hier zahlreiche Erdrutsche ein, und zwar nicht nur während des Baues selbst, sondern bis zum Jahre 1918, so daß der Kanalverkehr im Jahre 1915 z. B. acht Monate unterbrochen war. Weit über 100 Millionen Kubikmeter Erdreich mußten durch diese Erdrutsche mehr abtransportiert werden, als veranschlagt war. Gerade hierbei zeigte sich auch wieder die Überlegenheit der amerikanischen Bauleitung gegenüber der französischen. Getreu dem Grundsatz: „Aufbau durch Abbau", wurden diese gewaltigen Erdmassen gleich nutzbringend verwendet zum Bau der Wellenbrecher, der Staudämme, zur Trockenlegung der Sümpfe usw.

Im Anschluß an die technischen Erläuterungen ging der Vortragende dann zur Würdigung der wirtschaftlichen und politischen Bedeutung des Panamakanals über. Den Hauptnutzen an dieser Verkehrsstraße haben zweifellos die Erbauer selbst, die Amerikaner. Von ihrem Standpunkt aus haben die ersten Betriebsjahre bereits die Wirtschaftlichkeit ihres Nationalwerkes erwiesen. Der bisher allein auf die Transkontinentalbahnen angewiesene Ost-West-Güterverkehr der Vereinigten Staaten ist schon in starkem Maße auf die Kanalschiffahrt übergegangen, die bei erheblich geringeren Kosten die Ware ebenso schnell ans Ziel befördert, da kein Umladen mehr nötig ist. Dieser „lokale" Wert des Kanals wird sich noch beträchtlich erhöhen nach Ausbau der großen amerikanischen Stromgebiete des Mississippi und Missouri, wozu die ersten Ansätze bereits gemacht sind. Von größerem Interesse für alle Nichtamerikaner ist jedoch der Einfluß des Panamakanals auf den Weltverkehr. Mittel- und Südamerika hat die Union jetzt fester denn je in der Hand, die Europafrachten der ganzen südamerikanischen Westküste bis nach Chile hinunter sind unter den Einfluß des Kanals gekommen, und selbst von Australien ist ein erheblicher Teil des Verkehrs an ihn übergegangen. Trotz der zunächst scheinbar günstigen Verkehrslage des Suezkanals steht also der Panamakanal in wirtschaftlicher Beziehung diesem kaum nach. Und der wirtschaftliche Wert bildet ja nur das Rückgrat für seine politische Bedeutung. Wie eingangs erwähnt, war diese vom Beginn des Baues an die Haupttriebfeder. Der ständig wachsende politische Einfluß der Union in Mittel- und Südamerika, in Australien und vor allem jetzt in China läßt mindestens sehr scharfe wirtschaftliche Auseinandersetzungen zwischen den Vereinigten Staaten und England im Stillen Ozean erwarten, denen Deutschland infolge des unglücklichen Ausganges des Krieges ohnmächtig wird zusehen müssen!

H. Heyde.

Deutsche Ornithologische Gesellschaft.

In der Sitzung am 3. Februar sprach Graf *Zedlitz und Trützschler* über **Bestandsveränderungen schlesischer Vögel** und führte folgendes aus: Die Sumpfohreule, Asio flammeus Pont., die ausgesprochener Zugvogel ist und im Mittelmeergebiet überwintert, hielt sich im Winter 1918/19 in mehreren Exemplaren in Schlesien am Fuße des Zobtengebirges auf und ließ sich auch durch starken Schneefall nicht vertreiben. Im Frühjahr konnten mehrere Bruten dieser Eule in der dortigen Gegend festgestellt werden. Die Grauammer, Emberiza calandra L., hat seit dem Jahre 1910 im Kreise Nimptsch und Schweidnitz rapide abgenommen und ist jetzt als Brutvogel so gut wie ganz verschwunden. Zu gleicher Zeit siedelte sich der Ortolan hier an, der bisher als Brutvogel völlig gefehlt hatte. Er trat in der engeren Heimat des Vortragenden 1910 gleich in 6 Paaren auf. Der Ortolan war bisher nur für Nieder- und Mittelschlesien nachgewiesen, fehlte aber in Oberschlesien ganz oder war doch nur an wenigen Stellen ein sehr seltener Vogel. Er scheint sich also allmählich von Osten nach Westen auszubreiten. Das Verschwinden der Grauammer und das gleichzeitige Erscheinen des Ortolans ist sehr auffällig und äußerst schwer zu erklären; denn die Lebensweise und Lebensbedingungen beider Vogelarten sind fast dieselben, und es muß immerhin wunderbar erscheinen, daß eine so robuste und wetterharte Form wie E. calandra verschwindet, während ein bedeutend zarterer und empfindlicherer Zugvogel sich dieselbe Gegend im Sturme erobert. Daß die größere und stärkere Grauammer von dem kleineren und schwächeren Ortolan verdrängt wurde, kann man eigentlich nicht annehmen. Die Gründe dieser Erscheinung sind uns also vorläufig noch unbekannt. Ein ähnliches Vordringen wie in Schlesien sehen wir bei dem Ortolan auch in Polen, wo er sich seit etwa 75 Jahren ständig nach Westen und Nordwesten ausbreitet. Das Brüten der Wachholderdrossel, Turdus pilaris L., wurde in Schlesien vor nunmehr 100 Jahren zum ersten Male im Frühjahr 1819 nachgewiesen. Sie hat sich aber seit dieser Zeit nicht sehr vermehrt und ist nirgends sehr häufig. Turdus pilaris ist überhaupt erst seit 100 Jahren in Deutschland heimisch, wie von einer ganzen Reihe namhafter Ornithologen nachgewiesen ist. Wenn also *Wilhelm Schuster* behauptet,

daß die Wachholderdrossel schon seit alter Zeit sporadisch in Deutschland als Brutvogel auftrete, und diese These dazu benutzt, um seine Theorie vom Nahen einer neuen Tertiärzeit zu stützen, so hat er hiermit nicht Recht. — Dr. *Hesse* zeigte einige Vogelbilder, die von einem thüringischen Schäfer im Jahre 1869 gezeichnet sind. Unter diesen Bildern befindet sich auch die Abbildung einer Kappenammer, Emberiza melanocephala Scop., die bisher nur als seltener Irrgast in Süddeutschland, Südeuropa, England und Helgoland nachgewiesen ist. Der von dem Schäfer gezeichnete Vogel wurde vermutlich in Thüringen auf dem Vogelheerde gefangen, so daß also dies der erste Fall wäre, der auf ein Vorkommen der Kappenammer in Mitteldeutschland hindeutet.

Oberstleutnant *v. Lucanus* wies im Anschluß an seinen in der Januarsitzung gehaltenen Vortrag über „die Mimikry der Kuckuckseier" auf das Werk *Leverkühns* „fremde Eier im Nest" hin. Aus den Leverkühnschen Ausführungen geht hervor, daß das Verhalten der Vögel gegen fremde Eier sehr verschiedenartig ist. Es hängt ab: 1. von der Vogelart, 2. von der Individualität, 3. von dem Grad der Veränderung, die im Nest hervorgerufen wird. Die Individualität scheint die größte Rolle zu spielen. So läßt z. B. die Zaungrasmücke in einem Fall das bedeutend größere und in der Färbung von den Nesteiern sehr abweichende Singdrosselei ruhig in ihrem Nest liegen und brütet es mit den eigenen Eiern aus, während sie ein anderes Mal ein Sperlingsei oder Neuntöterei herauswirft. Die Darwinsche Selektionstheorie läßt sich also für die Mimikry der Kuckuckseier nicht anwenden. Eine Auslese kann nur dann eine Anpassungserscheinung hervorrufen, wenn *stets alle unähnlichen Eier* entfernt werden, was aber nach den von *Leverkühn* angeführten zahlreichen Versuchen nicht der Fall ist. Bei der Mimikry der Kuckuckseier handelt es sich also offenbar um ein uns noch unbekanntes Naturgesetz. *Friedrich v. Lucanus.*

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Tiergeographische Strandbeobachtungen von der Westküste Südamerikas. Südamerika springt von allen Südkontinenten am geradesten und weitesten gegen die Antarktis vor. Seine Küste zeigt daher die den südhemisphärischen Westküsten eigenen geophysikalischen Eigentümlichkeiten am deutlichsten, nämlich den abstufenden Einfluß der geographischen Breite und die Wirkungen der von höheren nach niederen Breiten sich bewegenden kühlen Strömung. Jene äußert sich in der Aufeinanderfolge klimatisch verschieden ausgestatteter Küstenstriche, während der Perustrom in Verbindung mit dem aufsteigenden, kalten Tiefenwasser ausgleichend wirkt und die Meerestemperatur derart heruntersetzt, daß das Wasser in der Breite von Callao (12 ° S) dieselbe mittlere Jahrestemperatur aufweist wie der Atlantische Ozean an der La-Plata-Mündung (35 ° S). Die Küste wird ferner in höheren Breiten durch Meereseingriff, in niederen durch Wachstum des Landes auf Kosten des Meeres beherrscht. In magellanischen und noch in valdivischen Breiten zeichnet sie sich durch Buchten- und Inselreichtum, durch rasch sinkende Tiefen, durch vorwiegend felsigen oder Geröllstrand aus. Von der Araucobucht bis Antofagasta gliedern dann wenig einspringende Talmuldenbuchten (Valparaiso, Antofagasta, Mejillones) oder Inselhäfen (Coronel in der Araucobucht) oder halbinselgeschützte Buchten (Talcahuano, Coquimbo) die Küste. Sichelförmigen, von felsigen Vorgebirgen eingerahmte Sandstrände sind hier häufig. Weiter nordwärts verschwinden die Buchten völlig. Ausgedehnte, in seichtes Meer untertauchende, gelegentlich von Felsen oder niedrigen Riffen unterbrochene Sandstrände nehmen einen immer größeren Raum ein (Iquique, Mollendo, Callao). Da die Gezeiten an der ganzen Küste keinen nennenswerten Betrag erreichen, ist die Strandzone schmal und wenig veränderlich. Dem Seegange und der Dünung ist sie in hohem Grade ausgesetzt. Stellenweise steht bedeutende Brandung (Antofagasta). Auch sucht häufig überraschend einsetzende Dünung, „braveza" genannt, den Strand heim.

Diese individuellen Eigenschaften, welche die Westküste vor anderen auszeichnen, machen sie zu einem besonders gestalteten Wohnraum für die Organismen. Inwieweit sich dies in der Tierwelt der Küste dem Seefahrer und Strandwanderer offenbart, sei im folgenden ausgeführt.

Das auffälligste Merkmal der Küste ist ihr großer Reichtum an Tieren.

Auf See durchschneiden die Schiffe gelegentlich während mehrerer Meilen Wolken blutroten Wassers, deren unregelmäßig geformte Ränder in Mischtönen mit dem Grün des Meerwassers verschwimmen. Sie rühren von Myriaden mikroskopischer Algen her (Trichodesmium oder Chlamydomonas?) und geben eine Vorstellung von der reichen Organismenwelt des Planktons.

Größere scharfumschriebene Flächen, in denen das Meer von einer Unmenge kleiner Kabbelungen bewegt erscheint, werden hervorgerufen durch nach Millionen zählende Sardinenschwärme, die die See buchstäblich in einen halbflüssigen Brei verwandeln. Man wird auf sie schon in größerer Entfernung aufmerksam durch große Scharen ihnen nachstellender Vögel.

Auch die Vertreter der Vogelwelt erscheinen in großen Massen. Man sieht sie auf alle möglichen Arten fischen; schwimmende und tauchende Fischer sind die Seeraben oder Kormorane, Strandfischer die Möven. im Fluge packen die Seeschwalben ihre Beute, während die Lummen als Stoßtaucher sich aus größerer Höhe in das aufspritzende Wasser niederfallen lassen. Die gewaltigen Nahrungsmengen, welche diese gefräßige Vogelwelt dem Meere entnimmt, finden ihren Ausdruck in den im Laufe von Jahrhunderten aufgebauten sich ständig erneuernden Guanolagern, durch die gerade die peruanische Küste Berühmtheit erlangt hat und welche eine geographische Folgeerscheinung des Plankton-, Fisch- und Vogelreichtums und ein Beweis für die in diesen Gewässern herrschenden günstigen Lebensbedingungen sind.

In magellanischen Breiten leben dieselben antarktischen Vögel wie um die Südspitze Afrikas. Sie werden angeführt durch die „Kaptaube" (Daption capense) und das „Kapschaf" (Diomedea exulans) oder den Albatros, der sich im Südsommer bis in die valdivischen Breiten zeigt. Auf den südlichen Küstenstrich beschränken sich die auf Felsleisten nahe dem Meeresspiegel reihenweis sitzenden Pinguine. Ähnliche Bilder gewähren die Sammelplätze der bis in die südperuanischen Breiten häufigen Lummen (Uria variegata); ein berühmter „Lummenfels" war früher der durch seine eigenartige Gestalt auffällige „Morro" von Arica. Im übrigen herrscht an der peruanischen Küste der Pelikan (Pelicanus onocrotalus) vor, den man häufig in

langem, langsamem Gleitfluge über dem Meeresspiegel schwebend fischen oder auf guanoverfärbter Klippe unbeweglich verdauen sieht. Trotz des ausgleichenden Einflusses der Küstenströmung ändert sich also das Bild der Avifauna mit der geographischen Breite. Nicht minder zahlreich sind endlich die Seelöwen, die sich nicht auf die höheren Breiten beschränken, sondern bis tief in die Tropen hinein vorkommen, wo sie sich selbst im belebten Hafen von Callao zeigen.

Im Gegensatze zur atlantischen Küste Südamerikas, zum mindesten der tropischen und zu unseren Küsten ist der Strand oft förmlich gepflastert mit Auswürflingen des Meeres. Nicht nur Muschelschalen und Schneckengehäuse, die in so großen Mengen am Ufer angehäuft sind, daß sie zum Kalkbrennen dienen, sondern auch alle möglichen anderen Tiere werden von der starken Brandung ans Land geworfen. Man findet z. B. häufig verendete Vögel und selbst Seelöwen; berüchtigt sind auch die zu gewissen Zeiten in Unmenge ans Ufer geworfenen Tintenfische, die in Verwesung übergehend die Anwohner empfindlich belästigen.

Unter den Mollusken vermißt man die riesigen und die prächtig gefärbten und verzierten Formen tropischer Meere, wie sie beispielsweise an der Ostküste Afrikas in den Korallenriffen leben. Und wie hier die Korallen, die eigentlichen Leitformen des warmen Tropenwassers, völlig fehlen, so hat auch die Molluskenfauna ein Gepräge, das mehr an Nordsee und Mittelmeer als an tropische Meere erinnert.

Betrachtet man die größten und auffälligsten Formen, auf die es bei der geographischen Betrachtung vorzugsweise ankommt, so trifft man überraschend viel alte Bekannte aus den europäischen Meeren. Die Miesmuschel (Mytilus), die Auster (Ostrea), Venus und Messerscheide (Solen), Trogmuscheln (Mactra), Napf- und Spaltnapfschnecken (Patella, Fissurella) machen die Hauptmasse aus. Neben ihnen sind sehr verbreitet Eckmund (Trochus, Chlorostoma), Trichterschnecke (Infundibulum), Pantoffelschnecke (Crepidula). Einheimisch sind die Gattung Acanthina, die Art Paphia chilensis und Concholepas peruviana, die Muschelpatelle, die einzige Art ihrer Gattung.

In den südlichen Häfen Corral, Coronel und Talcahuano sind vor allem leitend: Mytilus, Ostrea, Venus, Solen und Concholepas, Acanthina, Patella und Fissurella, an der mittleren chilenischen Küste: Mytilus, Ostrea und Concholepas, Chlorostoma, Crepidula, Infundibulum und Fissurella. Für die nordchilenische und die peruanische Küste sind besonders charakteristisch: Mactra, Paphia, Oliva, Infundibulum, Concholepas, Fissurella. Die in Peru fehlende Auster wurde noch bei Iquique gefunden. Die meisten Gattungen kommen in wärmeren und kühleren Meeren vor, eigentlich subtropische Formen sind Crepidula, Infundibulum und Oliva. Daß die letztere weit über ihr Bereich hinausgreift und noch die Küsten des Feuerlandes bewohnt, hat schon *Darwin* unter Würdigung der hieraus zu folgernden Schlüsse berichtet.

Im ganzen scheint der Reichtum an Individuen größer zu sein als der an Formen, was sich auch für die Fische in dem vergleichsweise weniger bunten Bilde der Fischmärkte äußert. Was aber an den Muscheln und Schnecken der Westküste bemerkenswert ist, das ist ihre Größe im Vergleich zu den gleichen Formen der europäischen Meere. Fast durchweg haben die hier vorkommenden Vertreter größere Gestalt, oft doppelte oder mehrfache Größe. Die bei Coronel vorkommende Solenart ist 16 bis 17 cm lang, während die gewöhnliche Form der europäischen Meere, Solen ensis, nur 9,3 cm mißt. Unserer Mytilus edulis, die mit 6 bis 8 cm eine schon recht stattliche Größe aufweist, steht die südchilenische Art mit der doppelten Länge gegenüber. Venus, in der Adria 3 bis 5 cm, wird hier 11 cm lang. Fissurella erreicht 11 cm; im Mittelmeer wird sie kaum länger als 4. Ebenso übertreffen die Chitonen an Wuchs beträchtlich die der Adria. Von ungewöhnlicher Größe sind übrigens auch die bei uns so kleinen Balaniden, deren Gehäuse hier an 8 cm hoch und entsprechend breit wird und die als „picos" auf den Markt gebracht und gegessen werden. Die größten Individuen fanden sich bei den südlichen Häfen, wo auch große Arten wie Acanthina gigantea vorkommen (bei Coronel). Umgekehrt wiesen die Mactren und Paphien an der peruanischen Küste nur Durchschnittsmaß auf. Die überall verbreitete Concholepas peruviana schien äquatorwärts an Größe abzunehmen.

Überraschend ist auch die Dicke der Schalen, die häufig noch massiger sind, als ihrer Größe entspricht. Ein bei Corral gesammeltes 5,5 cm hohes Gehäuse einer Acanthina sp. hatte z. B. an der unteren Windung eine Wandstärke von 7 mm. Das wird leicht verständlich, wenn man sich der gewaltigen Brandung an dieser Küste erinnert. Die auf felsigem Standorte der Brandung am meisten ausgesetzten Patellen überraschen daher durch wahrhaft panzerartige Gehäuse, während die im Sande vergrabenen Solen auch hier eine dünne Schale besitzen.

Fassen wir nun die Ergebnisse dieser kurzen Charakteristik der Tierwelt im Vergleich mit der Küstenbeschaffenheit zusammen, so ergeben sich folgende Zusammenhänge:

Das Gesamtbild der Küstentierwelt entbehrt entsprechend dem kühlen Küstenwasser tropischen Gepräges und trägt vielmehr den Stempel gemäßigter Breiten. Der durch den Perustrom bedingte Wärmeausgleich zwischen höheren und gemäßigten Breiten spricht sich in geringer Abstufung und Zonengliederung der Molluskenfauna, die Gleichmäßigkeit der Lebensbedingungen in einem im ganzen einförmigen Bilde der Tierwelt aus. Die vom Meere weniger abhängige Vogelwelt weist indessen immerhin eine der Breitengliederung dieser langen Küste parallel gehende Abstufung der Zusammensetzung auf. Daß die Lebensgrundlagen außerordentlich günstig sind, lehrt der Reichtum an Individuen und die Größe der Formen. Nach den niederen Breiten zu scheinen sich in dieser Hinsicht durchschnittlichere Verhältnisse einzustellen, was sich bei den Mollusken offenbar ebenso wie lokale Unterschiede der Küstenbeschaffenheit in Verschiedenheiten des Wachstums äußert. *B. Brandt.*

Darstellung und Eigenschaften des freien Rhodans. In einer bemerkenswerten, in Liebigs Annalen Bd. *419* (1919). S. 217, erschienenen Abhandlung behandelt *Erik Söderbäck* (Upsala) die Darstellung und die Eigenschaften des *freien Rhodans* $(SCN)_2$, das bisher noch unbekannt war. Die weitgehende Analogie, die die Rhodanwasserstoffsäure, HSCN, mit den Halogenwasserstoffsäuren HCl, HBr und HJ zeigt, wies darauf hin, daß das Rhodan selbst alle Eigenschaften eines Halogens aufweisen würde; dies hat sich auch in überraschender Weise bestätigt. Während die Arbeit von *Söderbäck* methodisch auf rein chemischer Grundlage durchgeführt ist, liegt außerdem eine ausgezeichnete Untersuchung von zwei dänischen Forschern, *Niels Bjerrum* und *Aage Kirschner* (Kopenhagen) in D. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter, Naturvidensk. og

Mathem. Afd. 8. (1918) Raekke V. 1 vor, in der das Problem des Rhodans mit allen Hilfsmitteln moderner physikalisch-chemischer Forschung behandelt wird. Diese Untersuchung beschäftigt sich mit den Rhodaniden des Goldes, die bei stark komplexem Charakter eine große Reaktionsfähigkeit besitzen, und die besonders geeignet sind, einen tieferen Einblick in die Umwandlungen der verschiedenen Wertigkeitsstufen eines Metalls zu vermitteln. Sie hat dazu geführt, in den Lösungen des Aurirhodanids die Existenz des freien Rhodans anzunehmen und hat — um nur das vom chemischen Standpunkte Wesentlichste anzuführen — das Ergebnis geliefert, daß das Rhodan als ein zwischen Brom und Jod stehendes farbloses, zusammengesetztes Halogen zu betrachten ist. *Es wird aus löslichen Rhodaniden von Brom momentan freigemacht und setzt selbst Jod aus Jodiden in Freiheit.* Es ist sehr unbeständig und wird in wäßriger Lösung unter Bildung von Rhodanwasserstoff, Cyanwasserstoff und Schwefelsäure zersetzt. Wie ersichtlich, haben wir es also im Rhodan mit einem stark oxydierenden Agens zu tun, das gleich den anderen Halogenen imstande ist, zweiwertigen Schwefel zu sechswertigem aufzuladen. Ist die Stellung zwischen Brom und Jod durch die erwähnten Reaktionen schon qualitativ sichergestellt, so liefert die Bestimmung des elektrochemischen Potentials für den Vorgang:

$$2\ CNS'' \rightarrow (CNS)_2 + 2\oplus$$

mit dem Normalpotential $\varepsilon_h = 0{,}769$ Volt die quantitative Bestätigung dieser Reihenfolge, nämlich:

$$2\ Cl'' \rightarrow Cl_2 = 1{,}37\ V,$$
$$2\ Br'' \rightarrow Br_2 = 1{,}09\ V,$$
$$2\ Rh'' \rightarrow Rh_2 = 0{,}77\ V,$$
$$2\ J'' \rightarrow J_2 = 0{,}54\ V.$$

Diese Andeutungen mögen nur als ein kleiner Ausschnitt aus der ergebnisreichen und fein durchgeführten Arbeit von *Bjerrum* und *Kirschner* hier ihren Platz finden.

Söderbäck ist es nun gelungen, das Rhodan *im festen Zustande* dadurch herzustellen, daß er Jod oder Brom in organischen wasserfreien Lösungsmitteln, wie Schwefelkohlenstoff oder Äther, auf Silber- oder Quecksilberrhodanid im Sinne der Gleichung:

$$Br_2 + 2\,AgSCN = 2\,AgBr + (SCN)_2$$

einwirken ließ und die das freie Rhodan enthaltende Lösung auf — 70 ° abkühlte. Es scheidet sich dann in Form farbloser Kristalle ab, die bei — 2 bis — 3 ° schmelzen und sich schon bei Zimmertemperatur lebhaft zersetzen. Von den mannigfaltigen interessanten Reaktionen, die die Lösungen des Rhodans geben, wurden die oxydierenden Wirkungen bei der Zersetzung mit Wasser bereits erwähnt. In dieselbe Gattung von Reaktionen gehört die Oxydation der Jodwasserstoffsäure, ferner auch die Überführung von Metallrhodaniden aus der niedrigeren in die höhere Oxydationsstufe, z. B.:

$$Hg_2^{\cdot}(SCN)_2 + (SCN)_2 = 2\,Hg^{\cdot\cdot}(SCN)_2;$$
$$Cu_2^{\cdot}(SCN)_2 + (SCN)_2 = 2\,Cu^{\cdot\cdot}(SCN)_2;$$
$$Sn^{\cdot\cdot}(SCN)_2 + (SCN)_2 = Sn^{\cdot\cdot\cdot\cdot}(SCN)_4.$$

Durch Schütteln der Rhodanlösung mit *Metallen* wie Zn, Hg, Al, Sn, As, Sb, Fe, Ni, Co, Ag, Au entstehen direkt die entsprechenden kristallisierten Rhodanide, die bisher z. T. nur schwer zugänglich oder überhaupt noch unbekannt waren. Die Darstellung ist also der direkten Chlorierung, Bromierung usw. der Metalle durchaus analog.

Ebenso wie die anderen Halogene läßt sich das Rhodan *in organische Moleküle* einführen und substituiert dort den Wasserstoff in Alkylen und Arylen. Als Beispiele seien erwähnt die Bildung von *Rhodanäthyl* nach:

$$Zn(C_2H_5)_2 + 2\,(SCN)_2 = Zn(SCN)_2 + 2\,C_2H_5 \cdot SCN,$$

ferner die Rhodanierung des *Anilins:*

$$2\,C_6H_5NH_2 + (SCN)_2 = C_6H_4 \cdot SCN \cdot NH_2 + C_6H_5NH_2 \cdot HCNS.$$

In diesen wie in vielen anderen Fällen, die studiert wurden, entstehen stets die *normalen Thiocyanate* R — S — C ≡ N und nicht die isomeren *Isothiocyanate* (Senföle) R — N = C = S; die elektronegative Wirkung des Rhodans geht also vom Schwefel aus, so daß auch für die Metallrhodanide die Struktur Me — S — C ≡ N anzunehmen ist.

Nicht uninteressant ist auch die Einwirkung von *Rhodanwasserstoff* auf *salpetrige Säure.* Nach Analogie der Bildung von Jod und Stickstoffoxyd aus Jodwasserstoff und salpetriger Säure nach:

$$2\,HJ + 2\,HNO_2 = J_2 + 2\,NO + 2\,H_2O$$

hätte man die Bildung von Rhodan aus Rhodanwasserstoff und salpetriger Säure erwarten können:

$$2\,HSCN + 2\,HNO_2 = (CNS)_2 + 2\,NO + 2\,H_2O.$$

Die Reaktion geht auch tatsächlich in diesem Sinne vor sich, doch lagert sich das Stickstoffoxyd, indem sich die Lösung tief rot färbt, an das gebildete freie Rhodan unter Bildung von *Nitrosylrhodanid* SCN . NO an. Dieses Produkt ist dem Nitrosylchlorid und dem Nitrosylbromid vollkommen analog; es läßt sich zwar im festen Zustande nicht isolieren, die Lösung zeigt aber alle Reaktionen des Rhodans. Sie kann auch auf andere Weise dargestellt werden, z. B. aus Nitrosylchlorid und Silberrhodanid nach:

$$NOCl + AgSCN = NO \cdot SCN + AgCl$$

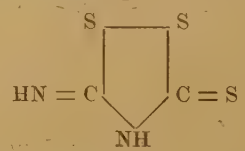
oder auch durch direkte Addition von Stickstoffoxydgas an Rhodan.

Diese Reaktionen müssen als eine der interessantesten Äußerungen der Halogennatur des Rhodans gelten.

Sehr merkwürdige Resultate ergab schließlich die Einwirkung von *trockener Salzsäure* auf die ätherische Lösung des Rhodans. Es entstehen hierbei zwei Verbindungen mit Chlorwasserstoff, nämlich $(SCN)_2 . HCl$ und $(SCN)_2 . 2\,HCl$ in kristallisiertem Zustande; diese zersetzen sich nun, im Gegensatz zum Rhodan selbst, nicht mehr mit Wasser in der oben gedachten Weise, sondern es bildet sich ein vollkommen beständiges kristallinisches Hydrat $(SCN)_2 . H_2O$, das also eine von dem freien Rhodan völlig abweichende Konstitution besitzen muß. Es verhält sich wie eine Säure und löst sich in Kalilauge unter Abscheidung von Schwefel und unter Bildung des Kaliumsalzes $K_2SC_2N_2O$:

$$H_2H_2C_2N_2O + 2\,KOH = S + K_2SC_2N_2O, \quad \ldots\ldots \text{(I}$$

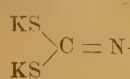
außerdem entsteht dabei der längst als Zersetzungsprodukt von Rhodanverbindungen bekannte *Xanthanwasserstoff* von der empirischen Formel $H_2S_3C_2N_2$, dessen Konstitution durch *Hantzsch* und *Wolvekamp*[1]) aufgeklärt ist; er leitet sich von einem Kohlenstoff-Stickstoff-Schwefel-Fünfring der Konstitution



ab, spaltet bei der Behandlung mit Kalilauge Schwefel

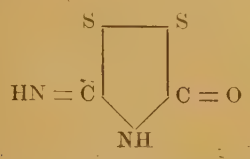
[1]) Lieb. Ann. *331* (1904), 265.

ab, und so entsteht unter Ringsprengung das Kaliumsalz der *Cyanamidodithiokohlensäure:*

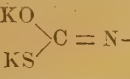


$$H_2S_3C_2N_2 + 2\,KOH = S + K_2S_2C_2N_2 \quad \ldots\ldots \text{(2}$$

Die vollkommene Analogie dieses Vorganges mit dem unter (1) formulierten springt in die Augen. Hiernach erscheint das „Rhodanhydrat" als ein Xanthanwasserstoff, in dem ein Schwefelatom durch Sauerstoff ersetzt ist; daraus ergibt sich für ersteres die ringförmige Struktur:



und die Spaltung mit Kalilauge führt dann im gleichen Sinne wie oben unter Schwefelabspaltung zur Bildung des Kaliumsalzes der *Cyanamidothiokohlensäure:*



Wenn diese knappen Ausführungen auch in keiner Weise ein irgendwie erschöpfendes Bild von dem reichhaltigen Inhalt der Untersuchung von *Söderbäck* liefern können, sondern nur das Skelett derselben, so mögen sie doch einen Begriff von der Richtung geben, in der sich diese interessanten Forschungen bewegen.

R. J. Meyer.

Isotope Elemente. Die experimentelle Feststellung des Vorkommens von Isotopen, d. h. von chemischen Elementen verschiedenen Atomgewichts, aber mit übereinstimmenden chemischen Eigenschaften, ließ die bereits 1815 vom englischen Arzt *W. Prout* ausgesprochene Hypothese, nach welcher der Wasserstoff der allen Elementen gemeinsame Urstoff ist, in einem neuen Lichte erscheinen. Nunmehr konnten die groben Abweichungen der Atomgewichte so mancher Elemente von ganzen Vielfachen von Wasserstoff bzw. Helium auf isotope Gemenge zurückgeführt werden (*K. Fajans,* 1913). Kleinere Abweichungen konnten durch Energieunterschiede erklärt werden, welche ja im Sinne der Trägheit der Energie Massenunterschiede bedingen (*R. Swinne,* 1912). Allein der experimentelle Nachweis solcher Isotopie bei gewöhnlichen Elementen würde diese Betrachtungen als genügend begründet erscheinen lassen. Englische Forscher haben kürzlich die Möglichkeit der Trennung von Isotopen ausführlich diskutiert *(F. A. Lindemann* und *F. W. Aston,* Phil. Mag. *37,* 523, 1919; *F. A. Lindemann,* Phil. Mag. *38,* 173, 1919; *J. Chapman,* Phil. Mag. *38,* 182, 1919); nach ersteren wäre eine Trennung durch Fraktionierung sowie chemische Mittel wohl möglich, ist aber bisher experimentell nicht erwiesen. Dagegen haben genaue *Messungen von Spektrallinien* Unterschiede ergeben; so hat *T. R. Merton* (Roy. Soc. London 4. XII. 1919; Nature *104,* 406, 1919) interferometrisch die Wellenlängen der Hauptlinie von Blei aus Pechblende mit derjenigen von gewöhnlichem Blei sowie von Blei aus Ceylonschem Thorit verglichen und im Sinne der Atomgewichte liegende Abweichungen von Tausendsteln Angströmeinheiten festgestellt. Auch der Vergleich der Hauptlinie von Thallium aus Pechblende mit gewöhnlichem Thallium ergab Abweichungen, so daß *Merton* die spektroskopische Methode zur Unterscheidung von Isotopen für geeignet hält.

Negativ fielen die Versuche von *O. Stern* und *M. Volmer* (Ann. d. Phys. *59,* 225, 1919) aus, Isotopie bei Wasserstoff bzw. Sauerstoff durch *Diffusion* durch eine Tonwand festzustellen. Während der durch letztere hindurch diffundierende Hauptteil des Gases die Isotopen von geringerem Atomgewicht enthalten müßte, hätte der zurückbleibende Anteil die schwereren Isotopen anreichern müssen; dieser Anteil wurde nun verbrannt (zu Wasser) und die Dichte des letzteren bestimmt. In Anbetracht der Gleichheit der Molekularvolumina und Verschiedenheit der Molekulargewichte ist ja das spezifische Gewicht von Isotopen verschieden, so daß bei Isotopie etwas dichteres Wasser zu erhalten wäre. Es konnte von den Verfassern so ein Effekt nicht festgestellt werden.

Als erfolgreicher zur Feststellung von Isotopen hat sich die *elektromagnetische Analyse der Kanalstrahlenträger* erwiesen, wie sie nach *Sir J. J. Thomson F. W. Aston* (Nature *104,* 334, 1919) benutzt. Die durch die durchbohrte Kathode hindurch fliegenden positiven Teilchen passieren ein elektrostatisches und ein magnetisches Feld und erleiden hierdurch Ablenkungen entsprechend ihrer Geschwindigkeit und dem Verhältnis ihrer Ladung zur Masse. Auf einer senkrecht zu ihrer ursprünglichen Flugrichtung aufgestellten photographischen Platte werden ihre abgelenkten Bahnen als Parabeln erscheinen. In Bestätigung früherer Versuche von *Thomson* konnte *Aston* die Komplexität von *Neon* auf diese Art feststellen; und zwar 2 Isotope vom Atomgewicht 20,00 bzw. 22,00 (letzteres beträgt 1 % des gewöhnlichen Neons). Es muß aber hervorgehoben werden, daß die Diffusionsversuche von *Aston* bisher keinen sicheren Nachweis der Trennbarkeit von Neon in 2 Isotope erbracht haben. (Vgl. *F. A. Lindemann* und *F. W. Aston,* Phil. Mag. *37,* 523, 1919.)

Mit Hilfe dieses Spektrographen für positive Strahlen hat *Aston* (Nature *104,* 393, 1919) mit bemerkenswertem Ergebnis weitere Stoffe untersucht: O_2, CH_4, CO, CO_2, HCl, $COCl^2$ sowie Hg. Da Kohlenstoff und Sauerstoff stets einzelne Parabeln ergaben, so stellen sie „reine" Elemente im *Panethschen* Sinne vor. Anders *Chlor,* welches nach *Aston* bestimmt aus 2 Isotopen vom A.-G. = 35 bzw. 37 besteht; dies ergibt sich aus den Linien (mit doppelter Ladung) mit m = 17.5, bzw. 18.5, ferner aus den Linien der Verbindung HCl (m = 36, bzw. 38) sowie von COCl (m = 63 bzw. 65). In jedem dieser Linienpaare weist die Linie mit kleinerer Masse eine 3- bis 4-mal größere Intensität auf. Die bei den früheren Versuchen als Einheit benutzte Linie von *Quecksilber* erwies sich nun als ein Gemenge von wenigstens 3 bis 4 Isotopen, welche sich um das A.-G. = 200 gruppieren; genaue Werte konnten noch nicht gegeben werden. Hervorzuheben ist, daß sich hier alle Parabeln der mehr als 40 betragenden untersuchten Atom- und Molekelmassen ganzzahlige Werte, ohne jede Ausnahme, ergeben, falls die Atomgewichte von C und O genau gleich 12 bzw. 16 gesetzt werden. — Sollte dies Ergebnis sich noch allgemeiner bestätigen, so dürfte der Aufbau der Elemente aus Wasserstoffkernen und Elektronen unter Berücksichtigung der durch die Energieunterschiede bedingten Massendefekte als wahrscheinlich anzusehen sein.

R. Swinne.

Neue Ergebnisse in der Gärungschemie. *Carl Neuberg* und *F. F. Nord, Anwendungen der Abfangmethode*

auf die Bakteriengärungen, I und II. *Carl Neuberg* und *Jul. Hirsch, Über den Verlauf der Gärung bei alkalischer Reaktion*, II, Bioch. Ztschr. *96*, Hefte 1—3, 1919. *Carl Neuberg* und *Elsa Reinfurth, Weitere Untersuchungen über die korrelative Bildung von Acetaldehyd und Glycerin bei der Zuckerspaltung und neue Beiträge zur Theorie der alkoholischen Gärung*, Ber. d. deutschen chem. Ges. *52*, Heft 8, 1919; sowie *Carl Neuberg* und *Julius Hirsch, Die Korrelation von Acetaldehyd und Glycerin innerhalb der gesamten Gärführung, der zeitliche Verlauf dieser Vergärungsform und ihre Beziehung zur gewöhnlichen alkoholischen Gärung*, Biochem. Ztschr. *98*, Heft 1/3, 1919.

In diesen fünf Mitteilungen setzt *Neuberg* seine wichtigen Arbeiten fort, über die ich zuletzt in „Naturwissenschaften" 1918, S. 627, berichtet habe. Es war ihm der Nachweis endgültig gelungen, daß der Acetaldehyd tatsächlich, wie es seine Gärungstheorie von 1913 voraussah, ein wesentliches Zwischenprodukt der alkoholischen Gärung ist. Er entsteht aus Brenztraubensäure durch die Wirkung der Carboxylase: $CH_3CO.COOH = CH_3.CHO + CO_2$, und geht in der Norm sekundär durch Anlagerung von 2 H in Alkohol über. Durch die *Abfangmethode*, d. h. die Bindung mittelst sekundärer schwefligsaurer Salze, gelang es, den Acetaldehyd als Sulfitverbindung in fast quantitativer Ausbeute zu fassen.

Die vorliegenden Arbeiten führen nun den bedeutungsvollen Nachweis, daß diese zentrale Rolle des Acetaldehyds nicht auf die echte Hefengärung beschränkt ist, sondern auch für die *Bakteriengärungen* gilt. *Neuberg* und Mitarbeiter konnten ihn als Zwischenprodukt fassen bei den Gärungen, welche durch die Erreger von Ruhr und Gasbrand, sowie durch Bakt. Coli verursacht werden. Hier lagen die Verhältnisse noch mehr im Argen als bei der Hefengärung, und an den Acetaldehyd als Zwischensubstanz hatte man dabei nicht gedacht. Die Abfangmethode (Festlegung durch Sulfite) führte auch hier zum Ziel, nur mußte man wegen der außerordentlichen Empfindlichkeit der Bakterien gegen freie schweflige Säure oder deren alkalisch reagierende Alkalisalze anstatt mit löslichen Sulfiten mit Calciumsulfit arbeiten, das unlöslich und damit ungiftig ist.

Besonders bemerkenswert ist es, daß auch bei der *Essiggärung* der Aldehyd als Zwischenstufe mit demselben Verfahren abgefangen werden konnte. Denn hier schienen die Bedingungen ganz besonders ungünstig zu liegen. Man nimmt im allgemeinen für die Essiggärung als optimale Bedingungen stark saure Reaktion und reichliche Durchlüftung an. Trotzdem nun die Abfangmethode mit *neutraler* Reaktion und *wenig* Sauerstoff arbeiten mußte, gelang es doch, den Aldehyd als Sulfitkomplex zu fassen und damit den experimentellen Nachweis dafür zu führen, daß der Alkohol über Aldehyd zu Essigsäure oxydiert wird.

Diese Befunde haben nun eine große Bedeutung für die Aufklärung des Chemismus der Gärungen, und zwar nach folgenden Richtungen. Die Bildung des Aldehyds aus Zucker bedingt eine Aufnahme von Sauerstoff in diesen Teil des Moleküls, und da die Gärung ohne Aufnahme atmosphärischen Sauerstoffs verläuft, so muß dieser eine Anreicherung mit Wasserstoff an anderer Stelle des Moleküls gegenüberstehen, und zwar beweglichen Wasserstoffes, der leicht wieder zu Reduktionen Verwendung finden kann. *Neuberg* nimmt nun mit Recht an, daß im normalen Gärungsverlauf dieser *bewegliche Wasserstoff* es ist, der sich sekundär an den *Aldehyd anlagert* und ihn endgültig *zu Alkohol reduziert*. Bei der Gärung durch Coli liegt die Sache anders: hier tritt der Wasserstoff als Gas in molekularer Form zutage. Deshalb steht nun wiederum bei der Coligärung der Alkohol nicht an beherrschender Stelle, weil nicht der ganze Aldehyd reduziert wird. Aber auch hier schafft die Neubergsche Aufklärung Ordnung. Die Gleichung der Coligärung verläuft nämlich fast quantitativ folgendermaßen:

$$\underset{\text{Zucker}}{2\,C_6H_{12}O_6} + H_2O = \underset{\text{Milchsäure}}{2\,CH_3\cdot CHOH\cdot COOH} + 2H_2 + 2CO_2$$

$$+ \underset{\text{Essigsäure}}{CH_3\cdot COOH} + \underset{\text{Alkoho}}{C_2H_5OH}$$

Diese scheinbar komplizierte Endgleichung löst nun *Neuberg* in klarer Weise folgendermaßen auf: primär entsteht neben Milchsäure als stabilem Produkt *Brenztraubensäure*, unter innerer Sauerstoffaufnahme aus dem Molekül, und *Wasserstoff*. Die Brenztraubensäure geht unter der Wirkung der Karboxylase in *Acetaldehyd* und *Kohlendioxyd* über. Der Acetaldehyd aber liefert in einfacher Cannizaroreaktion aus zwei Molekülen gleiche Mengen *Alkohol* und *Essigsäure*:

$$\left.\begin{matrix}CH_3\cdot CHO\\ CH_3\cdot CHO\end{matrix}\right\} + H_2O = \begin{matrix}CH_3CH_2OH\\ CH_3\cdot COOH\end{matrix}$$

Die Feststellung der Aldehydstufe schafft also auch bei diesen anscheinend so verwirrten Prozessen Klarheit, wenigstens für den Hauptvorgang, neben dem ja bei allen Bakteriengärungen allerlei Nebenprozesse verlaufen.

Die dritte Arbeit bringt weitere wesentliche Beiträge über den *Chemismus der Hefegärung* bei *alkalischer Reaktion*. Daß hierbei die Gärführung überhaupt möglich ist, hatten *Neuberg* und *Färber* 1915 gezeigt. Es wird zunächst der Nachweis erbracht, daß die theoretische Forderung, bei Abfangung des Aldehyds müsse der Wasserstoff eine andere Verwendung finden, stets bestätigt werden kann. Wenn der Wasserstoff nicht wie in der Norm den Aldehyd reduziert, so geht er an einen anderen Teil des Moleküls und bildet *Glycerin*, das sich also in dem Aldehyd entsprechender Menge nachweisen läßt; *Acetaldehyd und Glycerin treten im molekularen Verhältnis auf*.

Es zeigte sich aber weiterhin, daß *überhaupt die Anwendung von Alkalisatoren*, z. B. Natriumbicarbonat, *den Charakter der Gärung verändert*. Bis zur Aldehydstufe bleibt sie unverändert, aber auch ohne Anwesenheit der abfangenden Sulfite *bleibt die Reduktion des Aldehyds aus*. Es geht vielmehr genau wie bei der Abfangmethode der Wasserstoff an einen *anderen* Teil des Moleküls und bildet *Glycerin*, während der Acetaldehyd in alkalischer Lösung (wie bei der Coligärung) durch Disproportionierung zu *Essigsäure* und *Alkohol* in äquimolekularer Menge umgewandelt wird. Es entstehen also zwei Mol Glycerin auf je ein Mol Alkohol und Essigsäure. Dieses Verhältnis wurde durch zahlreiche Analysen realisiert.

Essigsäure und Glycerin sind also bei alkalischer Lösung einander entsprechende Produkte der Zuckergärung. Mit diesen Befunden sind wir wieder einen Schritt weiter in das Getriebe der Gärungsprozesse eingedrungen. Aufzuklären bleibt nun der primäre Zerfall des Zuckermoleküls und der Entstehungsmodus der Brenztraubensäure. Wahrscheinlich steht hier irgendeine der möglichen Formen des *Methylglyoxals* im Mittelpunkte, das man gewöhnlich $CH_3.CO.CHO$ schreibt. Dieser Stoff entsteht einerseits bei der Behandlung von Zuckern mit schwachen Alkalien (*Neu-*

berg), andererseits kann eine seiner 22 denkbaren Formen leicht durch Hydrierung in Glycerin übergehen.

$$CH_2:C(OH)\cdot CHO + H_2 + H_2O =$$
Methylglyoxal

$$CH_2OH\cdot CHOH\cdot CH_2OH$$
Glycerin

Wahrscheinlich steht also das Methylglyoxal im Zentrum des ganzen Vorganges. Es wäre sogar möglich, daß es als *einziges* Zwischenprodukt entstünde, daß es dann nach *Cannizaro* in Brenztraubensäure und eine Form des Brenztraubenalkohols umgelagert würde und aus diesem durch einfache Wasseraufnahme Glycerin entstünde.

$$\left.\begin{matrix}CH_2:C(OH)CHO\\ CH_2:C(OH)CHO\end{matrix}\right\rangle H_2 = CH_2:C(OH)CH_2OH$$
$$\left.\begin{matrix}\\ \end{matrix}\right\rangle O = CH_2:C(OH)COOH$$
$$CH_2:C(OH)\cdot CH_2OH + H_2O = CH_2OH\cdot CHOH\cdot CH_2OH$$
Glycerin

Der betreffende Alkohol würde freilich schwer zu fassen sein; es gibt natürlich auch noch andere Möglichkeiten.

Daß jedenfalls nicht die Triosen, Glycerinaldehyd oder Dioxyaceton, die Durchgangsstufen sind, haben *Neuberg* und *Reinfurth* nun auch noch dadurch gezeigt, daß unter der Einwirkung des Abfangverfahrens die C_3-Zucker nicht die Umwandlung in Acetaldehyd und Glycerin erleiden. Die Genannten haben andererseits dargetan, daß jene Vergärungsform (die Spaltung des Zuckers in Acetaldehyd, Kohlensäure und Glycerin) ganz allgemein mit beliebigen Hefen und Hefepräparaten (Trockenhefen und Hefemacerationssäften) erzielt werden kann. Zur Verwirklichung des Vorganges auch mit den empfindlichen Unterhefen und deren Zubereitungen ist es nur nötig, das alkalisch reagierende Dinatriumsulfit durch ein neutrales sekundäres Salz der schwefligen Säure zu ersetzen, z. B. durch die Calcium-, Magnesium- oder Zinkverbindung. Bemerkenswerterweise sind sämtliche Sulfite, selbst die von Wismut, Thorium oder Uran, prinzipiell brauchbar. Diese Unabhängigkeit vom Kation liefert zugleich den Beweis, daß bei der Abfangmethode nicht die alkalische Reaktion, sondern die *Fixation* des Acetaldehyds durch den Sulfitrest von ausschlaggebender Bedeutung ist. Auch die Menge der Hefe ist, genau wie für die einfache alkoholische Zuckerspaltung, unwesentlich. Von Bedeutung ist allein die *Konzentration* (nicht die absolute Menge) an vorhandenem Sulfit. Denn lediglich vom prozentualen Gehalte an Sulfitionen hängt es ab, ein wie großer Teil des Zuckers nach der Gleichung

$$C_6H_{12}O_6 = CH_3\cdot CHO + CO_2 + C_3H_6O_3$$

zerfällt. Für die Bindung des Acetaldehyds, welcher ausschließlich die sekundäre Glycerinentstehung bedingt, bedarf es nämlich eines Überschusses an schwefligsaurem Salz, damit die Dissoziation des labilen Acetaldehyd-Sulfitkomplexes zurückgedrängt wird.

Für die Theorie der alkoholischen Gärung ist es nun von großer Bedeutung, daß in der letzten der erwähnten Mitteilungen *Neuberg* und *Hirsch* den Nachweis erbringen, daß die Äquivalentbeziehung zwischen Acetaldehyd und Glycerin nicht nur in den ausgegorenen Maischen besteht; vielmehr *sind in jedem Augenblick während der gesamten Gärführung Acetaldehyd und Glycerin im Verhältnis von 1:1 Mol. vorhanden.* Wie mehrfach betont ist, läßt sich die gewöhnliche alkoholische Zuckerspaltung bei der Vergärung des Zuckers zu Acetaldehyd und Glycerin zwar weitgehend, doch nicht vollkommen unterdrücken; sie läuft zu etwa 25% nebenher. Bestimmt man nun die *Reaktionsgeschwindigkeiten*, mit welchen beide Vergärungsformen ablaufen, so findet man sie *vollständig gleich.* Darin liegt der Beweis dafür, daß beide Vorgänge miteinander zusammenhängen. Der Zusammenhang beruht eben darauf, daß beide Vergärungsformen über die Stufe des Acetaldehyds führen, und der Unterschied besteht lediglich darin, daß bei der normalen Gärung der Acetaldehyd zum Schluß durch den labilen „Gärungswasserstoff" reduziert wird, während unter dem Einfluß der Abfangmethode dieser „Gärungswasserstoff" nicht den blockierten Acetaldehyd erfassen kann, sondern von einer anderen Zuckerhälfte aufgenommen wird, und so Glycerin entsteht. Bemerkenswert ist noch die große Schnelligkeit, mit der die Umsetzungen sich auch in dem ungewohnten alkalischen Milieu vollziehen. Im allgemeinen sind schon nach 24 Stunden mehr als die Hälfte und nach 2 Tagen angenähert 90 % aller Gärungserzeugnisse vorhanden.

Auf diese Weise ist eine Fülle neuer Erkenntnisse auf dem Gärungsgebiet gewonnen worden.

Carl Oppenheimer.

Astronomische Mitteilungen.

Die Helligkeit des Planeten Saturn hat *C. Wirtz* in den Jahren 1905 bis 1908, in deren Verlauf der Ring verschwand und wieder sichtbar wurde (1907), nach der Argelanderschen Stufenschätzungsmethode beobachtet. Das Ergebnis der Beobachtungen veröffentlicht er jetzt in A. N. 5024. Helligkeitsbeobachtungen des Saturn zur Zeit der Unsichtbarkeit oder sehr geringer Öffnung des Ringes haben besonderen Wert für die Bestimmung des Phasenkoeffizienten (Einfluß der Phase auf die Helligkeit pro Grad Phasenwinkel) der Planetenkugel allein. Diese Größe ist nicht nur für die Beurteilung der physikalischen Beschaffenheit des Planeten, sondern auch für die Beleuchtungstheorie des Ringes von großer Wichtigkeit, wenigstens wenn die Gesamthelligkeit des Planeten (Ring + Kugel) beobachtet wird, was bisher aus beobachtungstechnischen Gründen fast stets der Fall gewesen ist. Von photometrischen Messungen der Gesamthelligkeit des Planeten bei allen Ringöffnungen liegen bisher, abgesehen von kleineren älteren Reihen, nur die von *G. Müller* (1877—91, Potsdamer Publ. Bd. 8) vor, von solchen bei kleiner Ringöffnung diejenigen von *Baldwin* (1907, Monthly Notices Bd. 68 und 69). Dazu kommen neuerdings kleinere lichtelektrische Messungsreihen des Gesamtlichtes bei großer und mittlerer Ringöffnung in Babelsberg (Veröff. Bd. II, Heft 3; A. N. Bd. 205 und 206) und eine photographische Bestimmung der Flächenhelligkeit des Ringes in der Nähe und außerhalb der Opposition des Planeten von *Hertzsprung* (A. N. Bd. 208). Die Beobachtungen von *Hertzsprung* und ein Teil der lichtelektrischen hatten das besondere Ziel, die von der Seeligerschen Beleuchtungstheorie des Ringes geforderte schnelle Aufhellung des Ringes in nächster Umgebung der Opposition festzustellen, deren Vorhandensein bereits durch die große Müllersche Reihe sehr wahrscheinlich gemacht war. Ihre einwandfreie Prüfung erforderte aber genauere Beobachtungsmethoden, als damals zur Verfügung standen. *Baldwins* Reihe verfolgte das Ziel der Bestimmung des Phasenkoeffizienten der Planetenkugel allein. Wenn, wie es wahrscheinlich war, die Saturn-

kugel physikalisch sich ebenso verhält wie die Jupiterkugel, so mußte ihr Phasenkoeffizient im Gegensatz zu dem des Ringes sehr klein erwartet werden, der Phasenkoeffizient des Gesamtlichtes mußte daher mit abnehmender Ringöffnung kleiner werden. Dies zeigten nun die Müllerschen Messungen keineswegs, nach denen der Phasenkoeffizient für alle Ringöffnungen sich nahe gleich, im Mittel zu 0,0436 m für 1° Phasenänderung, ergab. Die für die einzelnen Oppositionen erhaltenen Werte schwanken zwar zwischen 0,031 m und 0,057 m, aber ohne erkennbaren Zusammenhang mit der Größe der Ringöffnung. Im Widerspruch damit ergaben *Baldwins* Messungen für das Jahr der kleinsten Ringöffnung, 1907, den Phasenkoeffizienten des ringlosen Planeten verschwindend klein, wie es a priori zu erwarten war. Die Beobachtungen von *Wirtz*, die auch das Jahr der Ringverschwindung 1907 umfassen, stimmen mit den Müllerschen Messungen darin überein, daß sie ebenfalls keine sichere Abnahme des Phasenkoeffizienten des Gesamtsystems mit abnehmender Ringöffnung zeigen. Die für die vier Beobachtungsjahre erhaltenen Phasenkoeffizienten liegen zwischen 0,029 m und 0,069 m. Zwar fällt der kleinste Wert gerade auf das Jahr 1907, die mittleren Fehler der Bestimmungen ergeben aber, daß darauf kein Gewicht zu legen ist, überdies wurde 1906, also ebenfalls bei kleiner Ringöffnung, der größte der vier Werte, 0,069 m, erhalten. *Wirtz* zieht dann noch eine unveröffentlichte Beobachtungsreihe von *Rosenberg* heran, die mit dessen gleichmachenden Keilphotometer in den Oppositionen 1906 und 1907 ausgeführt wurde. Sie ergibt die auffallend großen Werte 0,093 m für 1906 und 0,072 m für 1907. Aber die Zahl der Messungen ist besonders 1907 gering und erstreckt sich in dem letzteren Jahr nur auf etwa 2° Phasenintervall.

Die lichtelektrischen Messungen in Babelsberg ergaben die Phasenkoeffizienten 0,034 m für die Opposition 1914—15, 0,033 m für die Opposition 1917, 0,042 m für 1918. Für 1919 ergab sich vor der Opposition 0,025 m, nach der Opposition 0,039 m. Der Erhebungswinkel der Erde über der Ebene des Ringes ging in diesen Jahren von 27° auf 13° herab. Die Veränderung des Phasenkoeffizienten während der Opposition 1919 muß als gesichert betrachtet werden, denn sie war gleichzeitig mit einer erheblichen Änderung der absoluten Helligkeit des Planeten verbunden. Ähnliche Erscheinungen haben sich bei Jupiter gezeigt. Es ergab sich als Phasenkoeffizient des Jupiter 1917—18 0,015 m, dagegen 1919 nur 0,008 m und in der gegenwärtigen Opposition scheint er ebenfalls sehr klein zu sein. Die mittleren Fehler dieser lichtelektrischen Bestimmungen sind klein im Vergleich zu dem Betrag der zu bestimmenden Größe.

Aus alledem geht hervor, daß die Frage des Phasenkoeffizienten der Saturnkugel noch keineswegs als entschieden angesehen werden kann. Sie wird auch in der bevorstehenden Ringverschwindung nicht entschieden werden, da der Phasenkoeffizient der Saturnkugel ebenso wie der des Jupiter sehr wahrscheinlich stark veränderlich sein wird, vielleicht im Zusammenhang mit der Sonnentätigkeit.

R. Aquarii. Über die Umwandlung des Spektrums dieses Veränderlichen vom Miratypus in ein Novaspektrum wurde in Heft 47, 1919, der Naturwissenschaften berichtet. Das Spektrum ist inzwischen allmählich wieder in ein normales Miraspektrum (Md, III. Typus mit hellen Wasserstofflinien) übergegangen. Gegen Ende November 1919 war keine Spur der Nebellinien mehr zu sehen. Nach *E. Leiver* erreichte der Veränderliche Mitte November das Maximum seiner Helligkeit und ist jetzt wieder in der Abnahme begriffen. Es wäre sehr interessant, festzustellen, ob auch andere Miraveränderliche zeitweise (in einer bestimmten Phase der Helligkeitszunahme?) die Nebellinien zeigen. (Beobachtungs-Zirkular der Astron. Nachrichten.)

Ein neuer Vertreter des seltenen U Geminorum-Typus ist nach *Graff* (Beob.-Zirk. 16) der Veränderliche X Leonis. Die normale Helligkeit 15 m ± wird in Zwischenzeiten von 14 bis 17 Tagen durch schnell verlaufende Aufhellungen bis nahe zur 11. Größe unterbrochen. Der Ort des Veränderlichen ist für 1855: $9^h\ 43^m\ 13^s$, + 12° 32,8′. Diese Veränderlichen ähneln in gewisser Beziehung den neuen Sternen, von denen sie sich hauptsächlich durch die stete, wenn auch meist sehr unregelmäßige Wiederkehr der Lichtausbrüche unterscheiden. Andererseits erinnern sie auch an gewisse Veränderliche des δ Cephei-Typus. Die Spektra der beiden hellsten Vertreter der Klasse, SS Cygni und U Geminorum (Max. 8,4 m und 8,9 m), stehen nach Harvard-Annalen Bd. 56 zwischen dem I. und II. Spektraltypus, scheinen stark veränderlich zu sein und zeitweise helle Wasserstofflinien zu haben. Gewöhnlich sind die Wasserstofflinien dunkel, jedoch stark schwankend in der Intensität. Letzteres gilt auch für die Calciumlinien *H* und *K*. Je einmal bei beiden Sternen machte das Spektrum den Eindruck zweier übereinander gelagerter Komponenten.

In A. N. 5028 berichtet *Nordlind* über eine **Beobachtung sehr heller Polarflecke des Planeten Venus** im Juni 1919 sowie im Sommer 1914. Die letztjährigen Flecken wurden auch von englischen und französischen Beobachtern bemerkt. Im Mai 1919 waren nach Beobachtungen von *Bottlinger* am 65 cm- und am 16 cm-Refraktor der Babelsberger Sternwarte, abgesehen von einer kleinen Unregelmäßigkeit des Terminators, auffallende Flecken auf der Venus nicht vorhanden.

Im Anschluß daran sei erwähnt, daß am 11. Dezember 1919 von *Bottlinger* und *Bernewitz* am 65 cm-Refraktor der Babelsberger Sternwarte bei ausgezeichneter Luft **auf der Scheibe des III. (hellsten) Jupitermondes ein grauer Streifen erkannt** wurde, der genähert parallel zur Ebene des Jupiteräquators und der Trabantenbahnen war und um etwa ⅓ des Trabantenradius nach dem Nordrande der Scheibe hin lag. Die angewandte Vergrößerung war 1500. (Beob.-Zirk. Nr. 21.)

Ein Neuer Stern ist von Miss *Mackie* auf Harvardaufnahmen in $\alpha = 18^h\,49^m\,30^s$, $\delta = +29°\,6{,}3'$ (1900) aufgefunden worden. Die Helligkeit stieg zwischen 1919, Dez. 4 und 6 von der 16. Größe (oder schwächer) zu einem Maximum von 6,5 m. Es scheinen alsbald die gewöhnlichen kurzen Helligkeitsschwankungen eingesetzt zu haben. Anfang Januar war die Helligkeit 8,5 m. Das Spektrum war nach Miss *Cannon* das des frühen Novatypus. (Harv. Ball. 705 und B. Z.)

P. Guthnick.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 16. (Seite 293—316) **16. April 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Anwendung der Vererbungsgesetze auf die Kulturpflanzen. Von *G. v. Ubisch, Berlin-Potsdam.* (Mit 2 Abbildungen.) S. 293.

Die Altersfrage des Lösses. Von *O. Abel, Wien.* S. 300.

Das Deutsche geophysikalische Observatorium in Spitzbergen. Von *Otto Baschin, Berlin.* S. 301.

Besprechungen:

Odén, Sven, Die Huminsäuren. Von *Paul Ehrenberg, Göttingen.* S. 304.

Walden, P., Optische Umkehrerscheinungen (Waldensche Umkehrung). Von *H. v. Halban, Würzburg.* S. 305.

Ostwald, Wolfgang, Die Welt der vernachlässigten Dimensionen. Von *Alfred Coehn, Göttingen.* S. 306.

Küster †, F. W., Logarithmische Rechentafeln für Chemiker, Pharmazeuten, Mediziner und Physiker. Von *W. Roth, Braunschweig.* S. 307.

Forcrand, R. de, Cours de Chimie. Von *A. Stock, Berlin-Dahlem.* S. 307.

Botanische Mitteilungen:

Über Zellteilungen in Elodeablättern nach Plasmolyse. Das Resultantengesetz beim Haptotropismus. Zur Biologie des Bakteriopurpurins und der Purpurbakterien. Über die Kunst, das Leben der Pflanze zu verlängern. Über die minimale Belichtungszeit, welche die Keimung der Samen von Lythrum Salicaria auslöst. Über das Sichtbarwerden der Mendelschen Spaltung im Pollen von Oenotherabastarden. Zur Physiologie und Biologie der Exkrete. Zur Ernährungsphysiologie der Eisenbakterien. Über die Abhängigkeit der phototropen Erscheinungen von der Größe der beleuchteten Fläche. S. 307—310.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Die Selbstentzündung der Kohlen. Das Klima der Polargebiete. Die englische Flugzeugexpedition zum Südpol. Theorie der Deformation der Erde durch Flutkräfte. Die Polbewegung in Beziehung zur Zähigkeit und zu einer hypothetischen Magmaschicht der Erde. S. 310—315.

Astronomische Mitteilungen:

Ein didaktisches Hilfsmittel zur sphärischen Astronomie. Über die Formeln der sphärischen Trigonometrie. Zur Theorie des Momentenellipsoids bei den Eigenbewegungen der Fixsterne. Eine Methode der Bahnbewegung für alle Exzentrizitäten. Die Hauptphasen veränderlicher Sterne berechnet mit Pogsons schneidender Kurve. Zur Frage des Schwarzschildschen Vertex. Zur photographischen Photometrie heller Sterne. S. 315—316.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Handbuch der experimentellen Pharmakologie

Bearbeitet von hervorragenden Fachgelehrten

Herausgegeben von **A. Heffter**

Professor der Pharmakologie an der Universität Berlin

In drei Bänden

Zweiter Band, 1. Hälfte:

Pyridin, Chinolin, Chinin, Chininderivate — Cocaingruppe, Yohimbin — Curare und Curarealkaloide — Veratrin und Protoveratrin — Aconitingruppe — Pelletierin — Strychningruppe — Santonin — Pikrotoxin und verwandte Körper — Apomorphin, Apocodein, Ipecacuanha-Alkaloide — Colchicingruppe — Purinderivate

Mit 98 Textabbildungen

Preis M. 48.— (und Sortimentsteuerungszuschlag)

Die zweite Hälfte des II. Bandes erscheint in Kürze. Der Erwerb der ersten Hälfte verpflichtet zur Abnahme der zweiten. Auch der erste und dritte Band werden in absehbarer Zeit zur Ausgabe gelangen.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 18.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.20.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

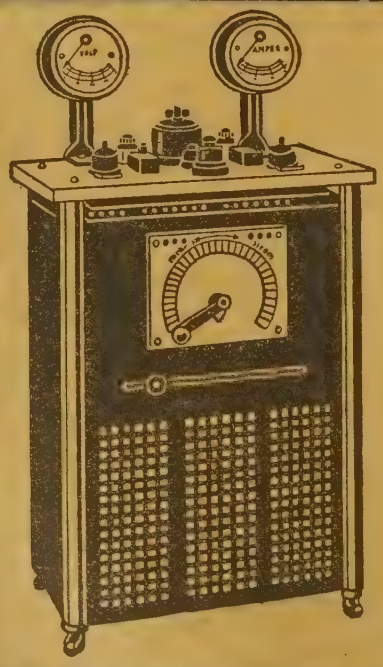
Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser, Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Siemens & Halske A.-G.
Wernerwerk · Siemensstadt bei Berlin



Fahrbare Experimentier-Tische

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 16. April 1920. Heft 16.

Anwendung der Vererbungsgesetze auf die Kulturpflanzen.

Von G. v. Ubisch, Berlin-Potsdam.

Deutschland geht Zeiten entgegen, in denen die Beschäftigung mit der reinen Wissenschaft ein nur wenigen gegönntes Glück sein wird. Das ist für die Allgemeinheit um so bedauerlicher, als die Fortschritte in der Praxis doch in erster Linie den Wissenschaftlern zu verdanken sind; wir müssen darum alles tun, um den breiteren Schichten die Erkenntnis beizubringen, daß die Theoretiker durchaus kein Luxus, sondern eine der ersten Lebensbedingungen sind, wollen wir nicht auch in der Praxis allzusehr ins Hintertreffen kommen.

In der Physik und Chemie sind die Berührungspunkte zwischen Theorie und Praxis jedem auf den ersten Blick erkennbar. Wir brauchen nur an die Röntgenstrahlen, an die Chemie der Fette oder des Stickstoffs zu erinnern: auf Schritt und Tritt umgeben uns ihre Beziehungen. Anders steht es mit der Biologie. Man sagt den Zoologen und Botanikern nach, daß sie mit Vorliebe über Tiere und Pflanzen arbeiten, die kein Laie kennt, geschweige denn, aus denen er Nutzen ziehen kann. Man hat die Biologie im Gegensatz zu Physik und Chemie als den „exakten" Naturwissenschaften oft die „beschreibenden" Naturwissenschaften genannt, und dies ist sie auch tatsächlich bis vor wenigen Jahrzehnten fast ausschließlich gewesen. Solange sie aber dies war, konnte sie wohl als Selbstzweck, nicht aber als Mittel zu einem praktischen Zwecke dienen. Erst die Einführung der Methoden der Physik, Chemie und Mathematik hat die Biologie zu einer exakten und damit praktisch verwertbaren Wissenschaft gemacht. Und da die Anwendung der Gesetze stets hinter der Erforschung eine Weile nachhinkt, ist es verständlich, daß die Erkenntnis ihrer Wichtigkeit sich noch nicht allgemein Bahn gebrochen hat.

Ein ganz neuer Zweig der Biologie ist nun die exakte Vererbungsforschung, müssen wir doch als ihr Geburtsjahr das Jahr 1900 schreiben. Es dürfte allgemeineres Interesse haben, einige Nutzanwendungen, die sie bis heute gefunden hat und die man sich noch von ihr versprechen kann, kennen zu lernen. Wir beschränken uns dabei hier auf die landwirtschaftlich wichtigsten Pflanzen.

Im Gegensatz zu den komplizierten Erklärungen, die etwa dazu nötig wären, einem gebildeten Nichtfachmann die Gesetze der Röntgenstrahlen oder des Radiums klarzumachen, brauchen wir nur die Kenntnis des Mendelschen Gesetzes vorauszusetzen, wenn wir uns dabei klar darüber sind, daß dies Gesetz uns nur das Wie?, nicht das Warum? gibt. Eine wesentliche Erschwerung gegenüber den toten Körpern der Physik und Chemie haben wir aber darin zu sehen, daß wir es mit lebenden Organismen zu tun haben, die sich auf individuelle Weise dem Gesetze fügen. Es wird daher auch immer nur innerhalb gewisser Grenzen möglich sein, ein Versuchsresultat zu reproduzieren, eine Beschränkung, der die exakten Naturwissenschaften nicht in dem Maße unterliegen.

Die Vererbungsforschung beschäftigt sich in erster Linie mit der Abgrenzung der *Eigenschaften* der Versuchsobjekte. Unter Eigenschaften kann man alles verstehen, was man an der Pflanze wahrnimmt: daß sie ein Baum, Strauch, Kraut, Pilz oder Alge ist; daß sie Blätter, Blüten hat, daß diese eine bestimmte Form und Farbe haben; daß sie zu einer bestimmten Zeit bei einer bestimmten Temperatur an einem bestimmten Ort keimt, wächst, blüht, reift, stirbt. Wenn wir aber im Mendelschen Sinne von Eigenschaften oder Eigenschaftenpaaren reden, so meinen wir nur die, in denen sie sich von Pflanzen, mit denen sie kreuzbar ist, *unterscheidet*. Wenn z. B. alle miteinander kreuzbaren Pflanzen rot blühen, so werden wir durch die Erbanalyse kaum je etwas über die Vererbung der roten Farbe erfahren.

Das Mendelsche Gesetz besagt nun bekanntlich, daß, wenn zwei Pflanzen sich in einem Merkmal unterscheiden, daß dann das Kreuzungsprodukt (F_1) in diesem Merkmal zwischen den Eltern steht oder sich dem einen oder anderen mehr oder weniger nähert; daß ferner in der nächsten Generation ein Teil dem einen, ein Teil dem anderen Elter gleicht und ein Teil dem direkten Kreuzungsprodukt. Symbolisch geschrieben $AA \times aa = Aa$; $Aa \times Aa = AA + 2\,Aa + aa$. Dieses Mendelsche Gesetz enthält tatsächlich alles, was wir für unsere heutige Aufgabe brauchen, wenn wir es richtig zu brauchen wissen. D. h. wir müssen immer berücksichtigen, daß wir es mit komplizierten lebenden Wesen zu tun haben, die sich unter dem Einfluß von äußeren Bedingungen entwickeln, die modifizierend auf die Eigenschaften einwirken können. Das ist vor allen Dingen bei allen sogenannten quantitativen Merkmalen der Fall, z. B. der Höhe, Größe usw. der einzelnen Organe.

Eine weitere Komplikation kommt dadurch hinein, daß das, was wir als einheitliche Eigenschaft empfinden, durchaus nicht immer nur ein sogenanntes Faktorenpaar zu sein braucht. Z. B. kann sich die rote Farbe aus zwei Faktoren zusammensetzen. Dann wird man bei Kreuzung solch einer roten Blüte mit einer weißen in F_2 nicht 3 rot : 1 weiß, sondern 15 rot : 1 weiß erhalten. Es kann aber auch so liegen, daß ein Faktor für rot allein nicht ausreicht, um rote Farbe sichtbar werden zu lassen. Dann kann es vorkommen, daß zwei weiße Blüten gekreuzt plötzlich in F_1 rot geben und in F_2 9 rot : 7 weiß. Dann hat der eine Elter etwa AA bb, der andere aa BB geheißen, und erst das Zusammentreten von A und B bewirkt die Farbe. Die Zahl der Faktoren, die eine sichtbare Eigenschaft hervorrufen, kann noch größer sein, man hat bis 4 sicher feststellen können: das gibt manchmal schwer analysierbare Verhältnisse.

Eine dritte Komplikation bilden die Koppelungserscheinungen, das heißt die Erscheinung, daß die elterlichen Gameten sich nicht nach der Formel

$$♀ (AB + Ab + aB + ab) \times ♂ (AB + Ab + aB + ab)$$

für zwei Faktorenpaare kombinieren, sondern daß verschiedene Kombinationen häufiger gebildet werden als andere. Das Verhältnis ist dann ganz allgemein

$$(n\,AB + 1 \cdot Ab + 1 \cdot aB + n\,ab)^2,$$

wobei n jede positive ganze oder gebrochene Zahl sein kann. Wir erhalten dann alle Extreme von $n = \infty$ bis $n = 0$. *Für* $n = \infty$ verschwindet 1 dagegen, die Formel geht über in $(AB + ab)^2$. Ist n ein echter Bruch, so kann man die ursprüngliche Formel auf die Form $(AB + m\,Ab + m\,aB + ab)^2$ bringen, und für $n = \frac{1}{\infty} = 0$ erhält man das andere Extrem $(AB + ab)^2$. Da das praktische Ziel der Bastardierung die Herstellung von Sorten ist, die die guten Eigenschaften der verschiedenen Vorfahren in sich vereinigen, so sind die Koppelungserscheinungen als erschwerendes Moment zu betrachten. Z. B. ist es nicht möglich, wenn die Koppelung von der Form $n = \infty$ ist, die Kombinationen AAbb und aaBB zu erhalten; oder bei $n = 0$ sind die Kombinationen AABB und aabb unmöglich. Es treten allerdings die Kombinationen AaBb auf, die oft AABB phänotypisch (äußerlich) ähnlich sein werden, aber es ist nicht möglich, sie konstant zu züchten, sie spalten immer wieder in gleicher Weise auf. Da nun aber, wie wir oben sahen, die Eigenschaften sehr oft durch mehrere Faktorenpaare bedingt werden, so wird es meist pelung abzuschwächen. Mit den Koppelungen möglich sein, diese störende Wirkung der Kopnicht zu verwechseln sind die Korrelationen; während die ersteren durch die Lage der Erbfaktoren im Chromosom bedingt werden (siehe weiter unten), sind die Korrelationen physiologische Gleichgewichtserscheinungen und lassen sich daher nicht umgehen.

Eine Komplikation anderer Art ist schließlich die biologische Verschiedenheit der zu züchtenden Pflanzen. Diese macht es dem nicht gründlich damit Vertrauten schwer, den richtigen Weg zu finden. Für den Biologen, der die Neukombinierung der Eigenschaften nicht als trockene Wahrscheinlichkeitsrechnung, sondern als ein Studium der lebenden Wesen betreibt, ist dies eine Aufgabe von ganz eigenem Reiz. Es ist aber nicht zu leugnen, daß die notwendig verschiedene Behandlung der einzelnen Pflanzen die Einführung der zielbewußten Züchtung in die Praxis sehr erschwert und zum Teil zu für den Wissenschaftler geradezu lächerlichen Fehlern der Praktiker geführt hat.

Betrachten wir unter diesem letzten Gesichtspunkt einmal eine Anzahl Kulturpflanzen und fragen wir uns, wie wir es anstellen müssen, um etwa eine vorhandene gute Sorte festzuhalten.

Unsere vier Hauptgetreidearten sind Zwitter, d. h. jede oder wenigstens ein großer Teil aller Blüten enthält Staubgefäße und Stempel; Narbe und Pollen sind zur gleichen Zeit geschlechtsreif: danach scheinen sie zur Selbstbestäubung eingerichtet zu sein, und doch verhalten sie sich sehr verschieden.

Die *Gerste* blüht, während die ganze Ähre noch in der Blattscheide sitzt, eine Fremdbestäubung ist demnach so gut wie ausgeschlossen. Zur Reinhaltung unserer Sorte brauchen wir nur zu verhindern, daß Körner von anderen Sorten unter unsere Ernte gelangen.

Beim *Weizen* und *Hafer* liegen die Dinge schon komplizierter. Da sie offen abblühen, ist eine Fremdbestäubung durch die Vermittlung des Windes nicht ausgeschlossen, und wir werden daher gut tun, die Pflanzen, die wir zur Weiterzucht ausgewählt haben, räumlich zu isolieren, oder die Ähren während der Blühzeit durch Pergamintüten zu schützen.

Würden wir eine *Roggenähre* auf gleiche Weise vor Fremdbestäubung schützen wollen, so würden wir keinen Ansatz erzielen, denn der Roggen ist obligater Fremdbestäuber und setzt mit dem eigenen Pollen so gut wie keine Körner an. Eine Reinhaltung der Sorte kann darum nur dadurch erzielt werden, daß man die abweichendsten minderwertigen Individuen möglichst vor der Blüte entfernt (soweit sie dann schon kenntlich sind) und keine anderen Roggensorten im Umkreise von etwa 100 m anbaut [1] [2]). Eine genaue Durcharbeitung des Materials nach der Ernte auf die gewünschten Eigenschaften hin ist notwendig, wenn es auch nicht immer möglich sein wird, die durch äußere Bedingungen ver-

[1]) Die deutsche Landwirtschaft unter Kaiser Wilhelm II., Abschnitt Petkus, 1913.

[2]) *N. Heribert-Nilsson.* Versuche über den Vicinismus des Roggens mit einem pflanzlichen Indikator. Ztschr. f. Pflanzenzüchtung V, S. 89—115, 1917.

anlaßten Modifikationen von den erblichen Variationen zu trennen.

Die *Kartoffelsorte* wird vegetativ (d. h. durch die Knollen) vermehrt und reingehalten. Prinzipiell läge allerdings auch die Möglichkeit vor, Sorten aus Samen zu ziehen, doch wird dies ungemein erschwert dadurch, daß viele Sorten nicht blühen, oder wenn sie auch blühen, keine reifen Samen bilden. Selbst wenn es uns aber gelingt, reife Samen zu erhalten, so werden uns diese doch nie die Elternsorte wiedergeben, denn die Kartoffeln sind sehr heterozygotisch, d. h. sie heißen in unserer Formelsprache nicht etwa AA BB cc DD ee ff gg HH ii ...., sondern etwa Aa BB Cc DD Ee Ff gg Hh Ii ....

Wir würden daher bei Selbstbestäubung eine sehr große Anzahl verschiedener Individuen erhalten, nämlich bei n heterozygoten Faktoren 3^n, also in unserer Formel $3^6 = 729$. Das sind um ein Vielfaches mehr Typen als Samen in einer Kartoffelbeere enthalten sind, also jeder Keimling wird eine neue Sorte ergeben! Während des Krieges wurden von gewissen Firmen Kartoffelkeimlinge angeboten — und rapide ausverkauft; von den guten Erfolgen hat man aus naheliegenden Gründen nie gehört.

Ähnlich liegt es bei unseren *Obstbäumen*. Man *kann* auch hier die Pflanzen aus Sämlingen heranziehen, aber auch hier erhält man eine ungeheure Zahl minderwertiger Sorten, bedingt durch die Heterozygotie des Materials, so daß gewöhnlich gesagt wird, aus den Kernen erhielte man wieder „wilde" Obstbäume. Dies ist selbstverständlich nicht der Fall. Aber die Chancen, etwas ebenso Gutes oder Besseres als die hochgezüchteten Elternpflanzen zu gewinnen, sind so gering, daß die langsame Heranzucht aus Samen nicht lohnt und man darum allgemein pfropft und okuliert, also vegetativ vermehrt. Die Heranzucht aus Samen muß dem zielbewußten Züchter, der im größten Maßstabe arbeiten kann, überlassen bleiben.

Um noch einige andere Blühverhältnisse anzufügen, erwähne ich hier auch den *Mais* und den *Hanf*, wenn ich im speziellen Teil auch nicht auf diese Pflanzen eingehen kann. Der Mais ist für die Vererbungswissenschaft schon deshalb besonders interessant, weil durch Untersuchungen an ihm *C. Correns*[1]) zur Neuentdeckung der Mendelschen Gesetze geführt wurde. Der Mais ist monözisch, d. h. die männlichen und weiblichen Blüten befinden sich zwar auf demselben Individuum, aber in getrennten Blütenständen. Er ist ziemlich weitgehend selbststeril und infolgedessen in den kräftigeren Exemplaren stark heterozygotisch.

Der *Hanf* schließlich ist diözisch, d. h. männliche und weibliche Blüten befinden sich auf verschiedenen Pflanzen. Da der Hanf Windbestäuber ist, ist eine unerwünschte Fremdbestäubung nur durch strengste Isolierung von männlichen und weiblichen Pflanzen möglich. Man hat sich bisher mit Hanf*bau* begnügt, doch hat durch den Fasermangel während des Krieges das Bestreben, bessere Hanfsorten zu *züchten*, eingesetzt.

Die Neuzüchtung von Sorten muß diese verschiedenen Blüh- und Befruchtungseinrichtungen in erster Linie berücksichtigen. Sie muß ferner in Betracht ziehen, welche Teile der Pflanze das Züchtungsobjekt sind: ob generative oder vegetative. Bei letzteren wird in vielen Fällen ein Konstantzüchten gar keinen Zweck haben: es kann uns zum Beispiel für die Kartoffel ganz gleichgültig sein, ob aus den Samen verschiedene Sorten hervorgehen würden, wenn nur die Knollen, durch die wir die Sorte vermehren, unseren Anforderungen entsprechen. Ja, im Gegenteil, ein genetisches Konstantzüchten wird nach den Untersuchungen von *Shull*[1]) und *East* und *Hayes*[2]) oft eine Degeneration zur Folge haben. Nach diesen Forschern übt das geschlechtliche Zusammentreten heterozygotischer Individuen einen anregenden Reiz aus (Heterosis). Bei Pflanzen, wie Roggen, die selbststeril sind, wird auch aus diesem Grunde eine übermäßig große genetische Gleichmäßigkeit unzweckmäßig sein. Denn haben alle Pflanzen desselben Feldes dieselben erblichen Eigenschaften, so verhalten sie sich wie ein einziges Individuum, geben also keinen Ansatz. Andererseits ist eine unausgeglichene Sorte nicht konkurrenzfähig. Da gilt es, die goldene Mittelstraße zu finden.

Fragen wir nun, was man bei den einzelnen Kulturpflanzen bisher durch künstliche Bastardierung erreicht hat, so ist es nach dem Vorhergehenden einleuchtend, daß die Anwendung der Vererbungsgesetze bei den Selbstbestäubern am leichtesten ist. Es ist darum auch nicht verwunderlich, daß die Selbstbestäuber Gerste, Weizen und Hafer am weitgehendsten analysiert sind, und wir wollen diese an den Anfang unserer speziellen Betrachtungen stellen.

Die ersten ausführlichen Untersuchungen auf diesem Gebiete, die *Kreuzungsuntersuchungen an Hafer und Weizen* von *Nilsson-Ehle*[3]), sind bis heute noch unübertroffen. Denn sie vereinen wissenschaftliche Exaktheit mit praktischer Verwendbarkeit. Es kann unsere Aufgabe nicht sein, alle untersuchten Eigenschaften wiederzugeben, es seien nur einige besonders interessante herausgegriffen. Für die, welche sich für alle Einzelheiten interessieren, sei auf die Originalarbeiten sowie auf *Fruwirths Handbuch der landwirtschaftlichen Pflanzenzüchtung IV* verwiesen.

[1]) *C. Correns.* Bastarde zwischen Maisrassen, mit besonderer Berücksichtigung der Henien. Bibliotheca botanica 1901.

[1]) *Shull*, American Naturalist 1911, S. 234.

[2]) *East* and *Hayes*, U. S. Dep. of Agric. Plant. Ind. Bull. 243, 1912.

[3]) *Nilsson-Ehle*, Kreuzungsuntersuchungen an Hafer und Weizen, *I* und *II*, Lund 1909 und 1911.

Wenn es dem Laien vielleicht scheinen mag, als sähen alle Weizen mehr oder weniger gleich aus und müßte eine Analysierung der Eigenschaften sehr schwierig sein, so liegt das zum Teil daran, daß nur ganz wenig Formen angebaut werden, also unseren Bedürfnissen einigermaßen entsprechen. Es passiert einem sogar häufig bei Landwirten, daß sie einen stark begrannten Weizen für Gerste, eine Kapuzengerste für Weizen halten. Triticum polonicum (siehe Fig. 1) soll sogar einmal in Amerika als Roggen auf einer Ausstellung prämiiert worden sein! Tatsächlich wiederholen sich die Eigenschaftspaare: begrannt—grannenlos, lockere—dichte Ähre, bespelztes—unbespelztes Korn bei den verschiedenen Getreidearten, wenn auch ihre Vererbungsweise ganz verschieden ist. Fig. 1 zeigt eine Reihe von verschiedenen Weizenformen: 1 gibt den bei uns häufigen Schlanstedter Weizen wieder; 2 einen Dickkopfweizen, wie er mit Vorliebe in England gezogen wird. Beide sollen nach serologischen Untersuchungen von *Zade*[1]) von dem 3., dem Spelz abstammen. Der 4. polnische Weizen, der in Portugal angebaut wird, ist weniger nahe verwandt mit den drei anderen Formen, läßt sich aber noch gut mit ihnen kreuzen. Die Grannenlosigkeit dominiert beim Weizen über Begrannung, sie scheint durch zwei Faktorenpaare bedingt zu sein, von denen das Fehlen des einen lange Grannen hervorruft, während der zweite die sich bei fast allen sogenannten unbegrannten Sorten vorfindenden Grannenspitzchen hervorruft (siehe Fig. 1, 1, 2).

Viel komplizierter vererbt sich die Dichtigkeit, als Ähreninternodienlänge gemessen. Bei den meisten Weizen ist die Ähre oben an der Spitze lockerer als unten, bei den Compactum-Formen dagegen ist sie im oberen Drittel dichter, man hat ihnen darum den Namen Dickkopf oder Squarehead gegeben. Wir müssen nun nach *Nilsson-Ehle* drei Faktorenpaare annehmen, die Lockerheit beeinflussen: *C*, den Faktor für Compactum, L_1 und L_2 die Faktoren für Lockerheit, die nur in Kraft treten, wenn der Hemmungsfaktor *C* fortfällt. Die dichteste Form wäre danach Cl_1l_2, die lockerste cL_1L_2. Es ist klar, daß, wenn man intermediäre Formen wie etwa CL_1L_2 mit cl_1l_2 kreuzt, als „Nova" die extremen Fälle auftreten müssen. Jetzt sind viele derartige Fälle bekannt, aber 1911, als *Nilsson-Ehle* dies klarlegte, war es der erste dieser Art, wie denn überhaupt *Nilsson-Ehle* sich ein großes Verdienst um die Analyse der durch mehrere gleichsinnige Faktoren bedingten Eigenschaften erworben hat. Viele Erklärungsversuche, wie Latenz, Kryptomerie, Bastardatavismus haben dadurch ihre Erledigung gefunden. Die Ährenfarbe sowie auch die Kornfarbe beim Weizen sind ebenfalls durch multiple Faktoren bedingt: bei beiden Eigenschaften sind drei Faktoren für Rotgegenüber Weißfärbung festgestellt worden. Die rote Kornfarbe hat noch eine bemerkenswerte züchterische Bedeutung, da sie nach *Nilsson-Ehle*[1]) ein Auskeimen unmittelbar nach der Reife verhindert. Diese Eigenschaft ist deshalb so wichtig, weil es manchmal wegen der Witterung nicht möglich ist, das Getreide trocken herein-

Fig. 1.

[1]) *Zade*, Serodiagnostische Studien an Leguminosen und Gramineen, Ztschr. f. Pflanzenzüchtung *II*, S. 101—151, 1914.

[1]) *Nilsson-Ehle*, Ztschr. f. Pflanzenzüchtung *II*, S. 153—185, 1914.

zubringen und durch das Auskeimen auf dem Halm das Korn sowohl als Saatgut als auch als Mehl sehr entwertet wird.

Eine andere wichtige Eigenschaft ist die Resistenz gegen Gelbrost. Diese spaltet mehrfaktoriell mit Dominanz der Empfänglichkeit. Bei dieser Gelegenheit sei bemerkt, daß es für die Züchtung bedeutend angenehmer ist, wenn eine Eigenschaft rezessiv, als wenn sie dominierend ist. Denn, erhält man auch weniger Pflanzen vom rezessiven Typ, so sind doch diese gleich konstant, während bei dem dominierenden Merkmal die Analyse noch jahrelang fortgesetzt werden muß.

Die Winterfestigkeit soll nach *v. Tschermak*[1]) prävalieren, doch scheint sie nach *Nilsson-Ehle* ebenfalls aus vielen Faktoren zusammengesetzt zu sein.

Bei den Kreuzungsergebnissen für *Hafer* können wir uns wieder an *Nilsson-Ehle* halten, womit ebensowenig wie beim Weizen gesagt sein soll, daß nicht auch andere Beobachter bemerkenswerte Resultate erzielt haben.

Beim Hafer unterscheidet man Fahnenhafer (mit einseitswendiger Rispe) und Rispenhafer (mit allseitswendiger Rispe). Der Rispenhafer läßt sich dann wieder in Steif- und Schlaffrispenhafer einteilen. Die Formeln dafür sind Fahne $= aabb$, Steifrispenhafer $AAbb$, Schlaffrispenhafer $AABB$.

Der Hafer kann weiße, gelbe und schwarze Spelzenfarbe besitzen. Für schwarze nimmt *Nilsson-Ehle* die Formel $SSgg$, für gelb $ssGG$ und für weiß $ssgg$ an. Der Gelbfaktor wirkt außerdem als Hemmungsfaktor für Begrannung. Begrannung ist ferner gekoppelt oder wird durch dasselbe Faktorenpaar vererbt wie andere Wildhafermerkmale, z. B. Brüchigkeit der Spindel.

Bei der Gerste folge ich meinen eigenen Versuchen, die eine Analyse von 10 Eigenschaften, die durch 18 Merkmalspaare bedingt werden, umfaßt[2]). Es handelt sich dabei zum Teil um Faktoren, über die sich mehr oder weniger detaillierte Angaben auch von anderen Verfassern (hauptsächlich von *v. Tschermak* (loc. cit.) vorfinden.

Ein Hauptgewicht wurde hierbei nicht sowohl auf die Vererbung der einzelnen Eigenschaften an sich als vielmehr in ihrer Beziehung zueinander, also auf die Koppelungen, gelegt. Ich habe im Anfange dieses Aufsatzes schon darauf hingewiesen, daß die Koppelungen von der allergrößten praktischen Bedeutung dadurch sind, daß sie verschiedene Neukombinationen verhindern können sich zu bilden; abgesehen davon sind sie aber auch von hervorragender theoretischer Wichtigkeit. Eine der im Augenblick am meisten diskutierten Fragen in der Vererbungsforschung ist die, wie wir uns den Vorgang der Vererbung zu denken haben. Daß der Zellkern der Träger der Eigenschaften ist, die sich nach dem Mendelschen Gesetze vererben, ist jetzt wohl kaum mehr umstritten. Durch mikroskopische Untersuchungen hat man ferner festgestellt, daß durch ein kompliziertes Teilungsverfahren Teile des Kernes auf die verschiedenen Tochterzellen und dadurch auf die verschiedenen Kinder verteilt werden. Die Teilprodukte des Kernes, in denen diese Neukombinierung vor sich geht, die Chromosomen, zeigen für jede Species eine ihr charakteristische Zahl. Ein großer Teil der Vererbungsforscher ist nun zu der Überzeugung gelangt, daß jeder Faktor einen ganz bestimmten Platz in einem bestimmten Chromosom einnimmt[1]). Die Eigenschaften, die in verschiedenen Chromosomen liegen, vererben sich unabhängig voneinander (wie die Zahlen, die man mit 2 Würfeln wirft, unabhängig voneinander sind). Diejenigen, die sich im selben Chromosom befinden, sind je nach ihrer Entfernung voneinander mehr oder weniger abhängig voneinander, diese Abhängigkeit nennt man Koppelung. Je näher die Eigenschaften aneinander liegen, desto fester ist die Koppelung. Wir nehmen auch hier, wie in der Quantentheorie der Physik, keine ganz kontinuierlichen Übergänge an, sondern bestimmte kleinste Teilchen, die dem Elementarquantum entsprechen mögen (selbstverständlich nur analog, nicht homolog) und die durch Kreuzungen nicht mehr trennbar sind. Man nennt sie Chromomere: für die Merkmale, die darin liegen, ist nach unserer Formel aus dem allgemeinen Teil $n = \infty$, sie sind absolut gekoppelt. Wie im einzelnen der Koppelungsmechanismus gedacht wird, wäre zu weitläufig auseinanderzusetzen, es kommt hier nur darauf an, festzustellen, daß die Merkmale entweder unabhängig voneinander sind, oder mehr oder wenig abhängig, oder so festverbunden, als wären sie ein einziges Merkmalspaar. Die meisten Tiere und Pflanzen haben eine hohe Chromosomenzahl und dann gehört schon eine Kenntnis von sehr vielen Faktoren dazu, um die Auffindung von Koppelungen erwarten zu können. Die Gerste hat aber nur 7 Chromosomen, und es ist mir daher auch gelungen, eine größere Anzahl Koppelungen festzustellen.

Nach dieser theoretischen Abschweifung kehren wir erst einmal wieder zu den einzelnen Eigenschaften der Gerste zurück. Die Gerste, die bei uns gezogen wird, gehört zwei verschiedenen Typen an, dem zwei- und mehrzeiligen Typ. Die zweizeilige Gerste wird meist als Sommergerste zu Brauzwecken gezogen, die mehrzeilige (6-zeilige) als Wintergerste als Viehfutter.

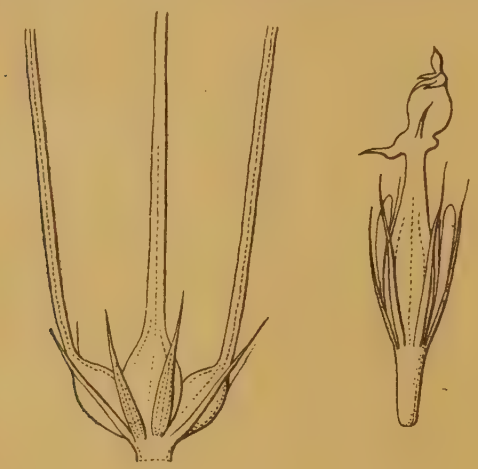
Abgesehen davon haben wir Kapuzen- und Grannengerste, lockere und dichte, lang- und

[1]) *v. Tschermak* in Fruwirth, Handbuch der landwirtschaftlichen Pflanzenzüchtung *IV*.

[2]) *v. Ubisch*, Ztschr. induktive Abstammungs- und Vererbungslehre *XIV*, *XVII*, *XX*, 1915, 1916, 1919.

[1]) Vergl. z. B. *Th. H. Morgan*, The basis of heredity, London und New York 1919, oder ein Sammelreferat von *H. Nachtsheim*, Ztschr. induktive Abstammungs- und Vererbungslehre *XX*, S. 118—156, 1919.

kurzgrannige, hohe und niedrige, bespelzte und nackte, usw. Gersten. Die Zeilenzahl muß im Zusammenhang mit der Dichtigkeit der Ähre betrachtet werden. Bei der Gerste besteht die Ähre aus Spindelgliedern, die je ein oder drei ♀ Blüten tragen. Fig. 2 gibt je ein Spindelglied einer 6-zeiligen und einer 2-zeiligen Gerste (man rechnet immer 2 Spindelglieder zusammen). Wenn die Ähre locker ist, also das Spindelgliedstück lang ist, so schachteln sich die Seitenblüten bei den 6-zeiligen Gersten ineinander, von oben gesehen erhält man das Bild eines 4-zackigen Sternes. Bei den dichten 6-zeiligen Formen ist kein Platz zum Ineinanderschachteln: alle



1 6-zeilige Grannengerste — 2 2-zeilige Kapuzengerste

Fig. 2.

6 Blütchen stehen nach allen Seiten ab und geben von oben gesehen das Bild eines 6-zackigen Sternes. Diese Verhältnisse sind die Veranlassung, daß man häufig in 2-, 4- und 6-zeilige Gersten einteilt, obwohl es wirkliche 4-zeilige überhaupt nicht gibt. Es heiße nun der Faktor für 2-Zeilenzahl Z ($6 = z$), für locker L (dicht l), dann ist eine lockere 2-zeilige Gerste *ZZLL*, eine dichte 2-zeilige *ZZll*, eine lockere 6-zeilige (4-zeilig) *zzLL*, eine dichte 6-zeilige *zzll*. Bei der Kreuzung lockerer 2-zeiliger und dichter 6-zeiliger: $ZZLL \times zzll$ müssen unter anderen als „Nova" lockere 6-zeilige (4-zeilige) entstehen, was solange nicht recht verständlich war, als man Ährendichte und Zeilenzahl als unabhängige Eigenschaften betrachtete (ein zweiter Faktor für Zeilenzahl variiert noch die Übergänge 2—6-zeilige Formen) sowie 2 weitere Faktoren für Lockerheit die Ährendichte). Interessant ist die Vererbung von Kapuze und Granne. Bei der Kapuzengerste sitzt anstatt der Granne eine Mißbildung, die meist noch eine rudimentäre Blüte enthält (Fig. 2, 2). Im allgemeinen dominiert Kapuze monohybrid über Granne: wir erhalten also in F_2 3 Kapuzen : 1 Granne. Es kommen aber auch Fälle vor, wo in F_2 das Verhältnis 9 Kapuzen : 7 Grannen ist. Wir müssen dann annehmen, daß außer dem Kapuzenfaktor K noch der Faktor für lange Grannen A gegenwärtig sein muß, um Kapuzen hervorzurufen. Dann erhält man aus einer Kreuzung Kapuze $KKAA \times$ kurze Granne *kkaa* in F_2 9 Kapuzen, 3 kurze Grannen und als „Novum" 4 lange Grannen, was einigermaßen überraschend ist, da lange Granne über kurze Granne dominiert. Auch für lange Grannen müssen wir noch 2 „Neben"faktoren annehmen, die die Länge der Grannen innerhalb der durch den Faktor A gegebenen Kategorien variieren.

Kommen wir jetzt zu den Koppelungserscheinungen, so ließ sich feststellen, daß in einem Chromosom die Hauptfaktoren für Pflanzenhöhe, Grannenlänge, Ährendichte, Bespelzung, Zeilenzahl und Zähnung der Spelzen liegen, in einem zweiten Chromosom die Nebenfaktoren für Höhe, Grannenlänge und Dichte; in einem dritten wahrscheinlich der Kapuzenfaktor und ein Faktor für Spindelbrüchigkeit.

Während bei Weizen, Hafer und Gerste doch schon bemerkenswerte Anfänge von dem gemacht sind, was man eine *Faktorenanalyse* nennen kann, so sind wir bei den übrigen Kulturpflanzen auf einzelne Beobachtungen angewiesen. Der Grund dafür liegt, wie im allgemeinen Teil ausführlich auseinandergesetzt, an der Schwierigkeit des Arbeitens mit selbststerilen Pflanzen. Die Selbststerilität resp. Fertilität beim *Roggen* wurde von *N. Heribert-Nilsson*[1]) untersucht und erwies sich als ein mendelndes Merkmalspaar mit Dominanz von selbststeril. Die herausmendelnden selbstfertilen Pflanzen zeigten zwar keine Abnahme der Fertilität durch Inzucht, wohl aber verminderte Keimungsenergie und Qualität. In der 5. Generation wurden nur noch Zwerge erhalten.

Von sonstigen Merkmalspaaren wird angegeben, daß Sommerform über Winterform dominiert[2]), wogegen aber spräche, daß *v. Lochow*[3]) seinen Sommerweizen aus Winterroggen gezogen. Normaler Kornbesatz dominiert über Schartigkeit. Für die Roggenzüchtung dürfte der „züchterische Blick" wichtiger sein als große Kenntnis der Vererbungsgesetze, womit nicht gesagt sein soll, daß man diese ganz entbehren kann.

Die Vererbungsversuche bei der *Kartoffel* werden, wie oben erwähnt, sehr dadurch erschwert, daß die meisten Sorten keine Samen bilden. Ferner sind sie zum großen Teil selbststeril. So gelang es *Bach*[4]) nicht, *Cimbals Wohltmann* selbstzubestäuben, während er mit anderen Sorten (*Klio, Imperator, Flora, Fürstenkrone*) bei

[1]) *N. Heribert-Nilsson*, Ztschr. f. Pflanzenzüchtung *IV*, 1916, S. 1—44.

[2]) *Fruwirth IV.*

[3]) Die deutsche Landwirtschaft unter Kaiser Wilhelm II., Abschnitt Petkus, 1913.

[4]) *S. Bach*, Ztschr. f. Pflanzenzüchtung *V*, 1917, S. 71—80.

20 % aller bestäubten Blüten Ansatz erzielte. Ferner sind nach in der Publikation begriffenen Untersuchungen von *L. v. Graevenitz* die Kartoffeln so empfindlich gegen Inzucht, daß in den Fällen, wo man bei Selbstbefruchtung Samen erhält, die Pflanzen nach ein bis zwei Generationen schon derartig degeneriert sind, daß nur Kümmerzwerge entstehen, die nicht mehr blühen. Da man bei so heterozygoten Pflanzen, wie die Kartoffel es bei uns ist, diese erst einige Generationen inzüchten müßte, um sichere Angaben über die Vererbung der einzelnen Eigenschaften zu erlangen, so muß man die in der Literatur angegebenen Daten mit der größten Skepsis aufnehmen.

Von Kartoffelanalysen ist mir nur eine ausführlichere bekannt, nämlich die von *Salaman*[1]), der einige Farben, Formen und Krankheiten auf ihre Vererbung untersuchte. Die Untersuchung der Krankheiten auf ihre Vererbung ist von dem allergrößten praktischen Interesse, leidet doch die Kartoffel an fast ebensoviel Krankheiten wie die Menschheit. Es ist möglich, daß wir dazu kommen werden, unsere Kulturkartoffel mit wilden Sorten, die immun sind, zu kreuzen. So fand *Salaman*, daß *Solanum etuberosum*, eine wilde Kartoffel, die keine Knollen ansetzt, Keimlinge ergibt, die gegen Phytophtora immun sind. Diese Immunität ist erfreulicherweise rezessiv. Eine Frage, die vielleicht auch auf erbanalytischem Wege zu lösen ist, ist die des Abbaus der Kartoffel. Darunter versteht man die Erscheinung, daß die meisten Kartoffelsorten nach wenig Jahren Anbau auf einem Boden degenerieren.

Bei der *Zuckerrübe*, die zum Schluß noch kurz erwähnt sei, liegen die Verhältnisse für eine Analyse insofern besonders ungünstig, als die durch äußere Bedingungen hervorgerufenen Modifikationen zum Teil größer sind als die durch verschiedene Erbeinheiten bedingten Variationen. Das Zuchtziel ist hoher Zuckergehalt und hohes Gewicht. Diese sind nach *Oetken*[2]) schwer miteinander homozygotisch zu vereinigen, weil eine ganze Reihe von Faktoren an beiden mitwirken. Kreuzungen von Zuckerrübe, Futterrübe, Salatrübe und Mangold sind möglich. Nach v. *Tschermak* (loc. cit.) dominiert Pigment der Haut und des Fleisches über Pigmentlosigkeit und roter Farbstoff der Blätter über das Fehlen desselben.

Die Möglichkeit einer Züchtung von hochkultivierten Rassen beruht auf der genotypischen Reichhaltigkeit der betreffenden Species. Denn wir sind z. B. in der Lage, aus einer ganzen Reihe von verschiedenen Weizensorten allmählich die guten Eigenschaften auf eine zu vereinigen. Es fragt sich nun, wie die Verschiedenheiten in die Species hineingekommen. Eine allmähliche Abänderung der Stammform unter dem Einfluß äußerer Bedingungen, also eine Vererbung erworbener Eigenschaften wäre ja die einfachste Annahme, doch müssen wir sie trotz vieler Versuche als unerwiesen ablehnen. Die Vererbung erworbener Eigenschaften setzt aber auch ein kontinuierliches Abändern voraus, während die Natur der Gene eine sprungweise Änderung, die mindestens ein ganzes Gen auf einmal umfaßt, zu fordern scheint. Es bleibt uns danach vorläufig nichts anderes übrig, als ein mehr oder weniger richtungsloses Mutieren der einzelnen Erbeinheiten anzunehmen. Dies zusammengenommen mit der Auslese durch den Kampf ums Dasein muß einen Fortschritt ergeben.

Man muß sich aber darüber klar sein, daß die allerwenigsten Abänderungen, die heute auftreten, auf diese Weise zustande kommen. Meist handelt es sich einfach um eine Neukombinierung vorhandener Eigenschaften. Nehmen wir z. B. an, wir hätten es mit vier Faktoren zu tun, die jeder für sich dieselbe Eigenschaft, sagen wir etwa rote Farbe, hervorrufen, so wird in der Kreuzung AABBCCDD × aaBBCCDD in F_2 *eine einzige* weiße Pflanze auf 255 rote kommen! Wie leicht wird man geneigt sein, dies für eine Mutation zu halten, wenn man die Vorgeschichte nicht kennt. Hierher gehört auch das Auftreten von Rückschlägen zur Wildform, das die Züchter so sehr als Folge der Bastardierung fürchten. Es ist die natürliche Folge der Aufspaltung in Kreuzungen stark verschiedener Elternpflanzen, also absolut nichts Beängstigendes, da diese Kombinationen bei der Konstantzüchtung um so weniger auftreten, als sie meist dominierend sind. Für den Wissenschaftler sind sie von allergrößtem Interesse, da sie Rückschlüsse auf die Phylogenie gestatten.

Im Vorhergehenden habe ich einen kleinen Überblick der Anwendungen, die die Vererbungsgesetze auf unsere Kulturpflanzen gefunden haben, zu geben gesucht. Daß wir erst im Anfange stehen und noch viel erwarten können, ist wohl klar geworden. Je weiter wir aber in der Erkenntnis kommen, desto größer wird der Kreis der Erscheinungen sein, den wir in die Vererbungsforschung mit hineinbeziehen werden: das Gebiet der Inzucht, der Pflanzenpathologie und viele andre versprechen uns noch manchen Aufschluß. Vorläufig aber müssen wir auf diesem Gebiete noch mit Goethes Mutter sagen: „Erkenne erst alle Sterne und das Letzte, dann erst kannst Du zweifeln, bis dahin ist alles möglich!" Aber selbstverständlich darf uns die Erkenntnis unseres mangelhaften Wissens nicht veranlassen, jedem Köhlermärchen Glauben zu schenken, das uns in der Pflanzenzüchtung, die vor Entdekkung der Mendelschen Gesetze ganz in den Händen von Gärtnern und Liebhabern lag, auf Schritt und Tritt begegnet.

---

[1]) *Salaman*, Journ. of Geneties *I*, S. 7—46.
[2]) *Ötken*, Ztschr. f. Pflanzenzüchtung *III*, S. 265 bis 333, 1915.

Die Altersfrage des Lösses.

Von O. Abel, Wien.

Seitdem sichere Anhaltspunkte für die mehrfache Unterbrechung der großen Eiszeit durch wärmere Zwischenperioden, die „Zwischeneiszeiten", durch die genauere Erforschung der eiszeitlichen Ablagerungen Europas gewonnen worden sind, hat man auch der Frage nach der Entstehung des Lösses und seinen Beziehungen zu den Eiszeiten und Interglazialzeiten erhöhte Aufmerksamkeit zugewendet. Daß bei seiner Bildung der *Wind* die entscheidende Rolle spielt, daß also der Löß ein Gestein äolischen Ursprunges ist, wird heute kaum mehr bezweifelt. Umstritten ist dagegen bisher immer noch die Frage gewesen, ob die Anhäufung dieser gewaltigen Staubmassen in einer Zeit oder in verschiedenen Zeiten des Vorstoßes der Alpengletscher und des Inlandeises oder in einer Periode des Rückzuges der Eismassen erfolgte.

Die Lösung dieses Lößproblems ist für die verschiedensten Forschungsgebiete von großer Wichtigkeit. Die Paläontologie, die Anthropologie und die Prähistorie sind fast gleich stark an dieser Frage interessiert. Es war daher eine sehr dankbare Aufgabe, die bisher gewonnenen Forschungsergebnisse auf diesem Gebiete kritisch zu sichten und den Versuch zu unternehmen, die Frage des Lösses in seiner stratigraphischen Bedeutung monographisch zu behandeln und einer Lösung näher zu bringen[1]).

W. Soergel, dem wir bereits eine Reihe wichtiger Forschungen über quartäre Säugetierfaunen verdanken, hat sich dieser Aufgabe unterzogen und ist bei ihrer Behandlung zu wertvollen Ergebnissen gelangt.

Als eines der wichtigsten erscheint die Beantwortung der Frage, ob der Löß in den Eiszeiten oder in den Interglazialzeiten entstanden sei. *Soergel* vertritt mit Entschiedenheit die Ansicht, daß der Löß *nicht* interglazialen, sondern zweifellos *glazialen* Ursprunges ist und in einer Landschaft gebildet worden sein muß, die im wesentlichen Steppencharakter besaß; der Beweis dafür liegt vor allem in dem Charakter der im Löß begrabenen Säugetierreste. Die Säugetierfauna des Lösses umfaßt beinahe alle für die subarktischen Steppen Südosteuropas und Asiens sowie die nordsibirischen Tundren bezeichnenden Formen mit Einschluß des heute auf den hohen Norden Nordamerikas und Grönlands beschränkten Moschusochsen. Die Lebensbedingungen müssen zur Zeit der Lößbildung ähnliche gewesen sein wie in den heutigen Lebensbezirken dieser Arten und auch das Mammut und das wollhaarige Nashorn sind diesen Typen anzuschließen. Diese Tiergemeinschaft spricht für klimatische Verhältnisse, wie sie nur mit den Zeiten des Vorstoßes der Alpengletscher und des Inlandeises, also einer „Eiszeit" im Gegensatz zu einer wärmeren „Zwischeneiszeit" in Einklang gebracht werden können.

Der Löß wird von *Soergel* unmittelbar mit glazialen Ablagerungen, u. zw. mit dem Gesteinsmaterial der Moränen und ihrer Auswaschprodukte in genetische Beziehung gebracht. Die Verhältnisse, unter denen der Löß in Österreich auftritt, zeigen jedoch sehr klar, daß es sich in ihm in erster Linie um den von Winden verwehten *Hochwasserschlamm* der großen eiszeitlichen Flüsse handelt. Die Verbreitung des Lösses im Bereiche der Donau und ihrer alpinen Zuflüsse zeigt diese Abhängigkeit auf das klarste; so begleitet der Löß zwar den Lauf der Donau, tritt auch z. B. längs des Ostufers der Enns im Alpenvorland auf, fehlt aber im Bereiche der großen Traun-Enns-Platte, im Vorlande der riesigen Endmoränen des Steyrgletschers und Traungletschers gänzlich, nimmt aber dafür im Marchfeld und in Ungarn eine bedeutende Mächtigkeit an. Es ist also zu seiner Bildung offenbar die Nähe großer Flüsse notwendig. Das erklärt auch die Lößbildung in China.

Es wäre ein großer Irrtum, wenn man annehmen wollte, daß der Löß nur im Plistozän, also in der Periode der großen Eiszeit, gebildet worden sei und daß in früherer oder späterer Zeit keine Lößbildung stattgefunden hat. Es gibt immer noch genug Gebiete, die sich ebenso im Zustande der Vereisung befinden wie in einer Eiszeit; für die Gletscher unserer Alpen, das Großglocknergebiet z. B., dauert die Eiszeit immer noch an. Wo die Bedingungen zur Lößbildung in einem trockenen, steppenartigen Vorlande eines Gletschergebietes gegeben sind, *bildet sich auch heute noch Löß* und es ist nicht nötig, hier zum Auswege der Erklärung solcher rezenter Lößbildungen als „umgelagerten" Löß der Eiszeit zu greifen. Wir kennen sogar Fälle, in denen es in (geologisch gesprochen) jüngster Zeit zur Bildung von Löß in den trockenen Gebieten Lykiens gekommen ist, in denen weder jetzt noch früher glaziale Ablagerungen gebildet worden sind, die zur Entstehung dieses Lösses Veranlassung gegeben haben könnten. *E. Tietze* berichtet in seinen „Beiträgen zur Geologie von Lykien" (Jahrb. d. Geol. Reichsanstalt Wien, *35* Bd., 1885, S. 321) von rezenten Lößbildungen in der Ebene von Dembre, wo beim Marktflecken des gleichen Namens eine christliche Kirche (aus dem V. oder VI. Jahrhundert) mit dem unteren Teile ihres Gemäuers derart von Löß verweht ist, daß sich der Fußboden heute etwa 4 m unter dem Niveau der Lößebene befindet; daraus hat *E. Tietze* mit Recht gefolgert, daß sich die Ebene durch die Lößanwehungen in einem Jahrhundert durchschnittlich um $^1/_3$ m erhöht haben muß. Das Material kann wohl nirgends anders als aus dem Hochwasserschlamm des Dembre

[1]) *W. Soergel:* Lösse, Eiszeiten und paläolithische Kulturen. Eine Gliederung und Altersbestimmung der Lösse. — Jena, G. Fischer, 1919. — IX, 177 S., 14 Textfig., 1 Tabelle. Preis M. 10,—.

Tschai stammen. Geheimrat *F. von Luschan* hat mir vor einigen Monaten eine Mitteilung über rezente Lößbildungen aus der Nähe der Stadt Myra im gleichen Gebiete gemacht. Bei der 1881 erfolgten Freilegung einiger ihrer Entstehung nach vielleicht noch in die römische Kaiserzeit hineinreichenden lykischen Sarkophage fiel ihm auf, daß das sie einhüllende Gestein sich makroskopisch durch nichts von typischem Löß unterschied und wie dieser zahlreiche Gehäuse von Landschnecken enthielt. Auch die riesigen Lößmengen Chinas verdanken ihre Entstehung zum großen Teile dem feinen Schlammaterial der Ströme, das im getrockneten Zustande verweht *wurde* und noch verweht *wird*. Ich halte daher trotz der Einwendungen, die *J. Bayer* kürzlich (Mitt. d. Anthrop. Ges. in Wien, Sitzungsberichte XXXVIII. und XXXIX. Bd., 1919, S. [53]) gegen meine in einer Diskussion vorgebrachte Ansicht von der Möglichkeit ganz jugendlicher Lößbildungen vorgebracht hat, fest (vgl. ebenda Sitz.-Ber. 1917—1918, S. [21]). Der Löß Palästinas, um den es sich in dieser Diskussion handelte, läßt keineswegs eine scharfe Parallelisierung mit den mitteleuropäischen Lößbildungen zu, ebensowenig wie die „Verlehmungszonen oder Leimenzonen", welche eine Unterbrechung des trockenen, die Lößbildung ermöglichenden Klimas durch feuchtere Klimaperioden andeuten. Kollege *W. Soergel*, mit dem ich vor kurzem über diese Fragen sprach, betonte ausdrücklich, daß sich seine Abhandlung nur auf die europäischen Lößbildungen bezieht und daß an der Bildung von rezentem Löß in Steppengebieten, wo Material verweht werden kann, nicht gezweifelt werden könne; er hat mich ermächtigt, von dieser Mitteilung Gebrauch zu machen.

Kehren wir zur Altersfrage des eiszeitlichen Lösses in Europa zurück, so läßt sich, wie *W. Soergel* in seiner Abhandlung dargelegt hat, an den Beziehungen des Lösses zu den Perioden des wiederholten Vorstoßes der Vereisung nicht mehr zweifeln. Dieses Ergebnis ist für die Stratigraphie der Eiszeitbildungen, die Altersbestimmung der Eiszeitfaunen und die Frage der Altersbestimmung der verschiedenen paläolithischen Kulturen auf dem Boden Europas von größter Bedeutung.

Von den Kulturen des Altpaläolithikums sind bisher das Acheuléen und das Moustérien im Löß gefunden worden. Das rißeiszeitliche Alter eines oberen Teiles des Acheuléen ist vollkommen sichergestellt (*W. Soergel*, l. c., S. 144).

Nach einer längeren Zwischeneiszeit, in der der ältere Löß tief hinab verlehmt wurde, setzt eine neue Lößbildung ein, die dem ersten Vorstoß der letzten Eiszeit (Würmeiszeit) entspricht. Die auf das Moustérien folgenden Kulturstufen des Aurignacien, Solutréen und Magdalénien fallen bis zum Auftreten der späten Magdalénienkultur, die bereits der Periode der Verwitterung oder Verlehmung des Würmlösses angehört, in den Bereich der Würmeiszeit.

W. Soergel unterscheidet in seiner Abhandlung, die unser Wissen von der stratigraphischen Bedeutung der mitteleuropäischen Lößbildungen sehr wesentlich gefördert hat, drei Gruppen von Lössen. Von den geologisch ältesten Lössen, die in Westdeutschland durch drei, gelegentlich sogar durch vier Verlehmungszonen getrennt erscheinen, gehört der älteste Teil wahrscheinlich der Mindeleiszeit (der zweiten alpinen Vereisungsperiode) an, während vielleicht die ältesten Lößbildungen im Alpenvorland noch der Günzeiszeit (der ersten alpinen Vereisung) zufallen. Der oberste Teil dieser alten Lößbildungen (oder vielleicht zwei), der in den meisten Gebieten als „älterer" Löß bezeichnet wird, gehört der Rißeiszeit (der dritten Alpenvereisung) an, während die jüngeren Lösse mit ihrem unteren Teile der Würmvereisung (der letzten Alpenvereisung), mit ihrem oberen dagegen einer Postglazialzeit entsprechen; die letzte Bildungsperiode „hat nur im alpinen Gebiet, wo noch lange Zeit, man kann sagen, lokal bis zum heutigen Tage, die Bildungsbedingungen erfüllt waren, zum Lößabsatze geführt."

Ist auch so manches, wie der Verfasser im Schlußkapitel hervorhebt, in der Lößfrage noch als unsicher und ungeklärt zu betrachten, so ist diesen Unsicherheiten doch wieder eine stattliche Zahl gesicherter Ergebnisse gegenüberzustellen. Deshalb darf die Abhandlung *W. Soergels* als ein sehr wichtiger Schritt nach vorwärts begrüßt werden, der von niemanden, der sich mit paläontologischen, prähistorischen und anthropologischen Problemen aus dem Bereiche der Eiszeit beschäftigt, beiseite gelassen werden darf.

Das Deutsche geophysikalische Observatorium in Spitzbergen.

Spitzbergen ist von jeher ein klassisches Land für naturwissenschaftliche Forschungen in Polargebieten gewesen, weil es in recht hoher geographischer Breite (76½° bis 80¾° Nord) gelegen ist, trotzdem aber leicht, bequem und schnell von Europa aus erreicht werden kann, und weil die Fjorde und Buchten, besonders diejenigen der Westküste, zahlreiche leicht zugängliche, sichere, und zur Sommerszeit in der Regel eisfreie Ankerplätze bieten. Mehrfach sind denn auch in Spitzbergen wissenschaftliche Observatorien errichtet worden, z. B in dem Internationalen Polarjahre 1882—1883 von Schweden bei Kap Thordsen und später auch gelegentlich der russisch-schwedischen Gradmessung. Es handelte sich dabei jedoch immer um vorübergehende Organisationen, so daß stets nur Beobachtungsreihen von begrenzter Zeitdauer gewonnen werden konnten. Erst die Entwickelung der modernen aerologischen Wissenschaft brachte hier eine durchgreifende Besserung.

Im Sommer 1906 hatte Professor *Hugo Hergesell* seine Erforschung der höheren Schichten unserer Atmosphäre über dem Ozean zum ersten Male auch auf das Polarmeer ausgedehnt und in Spitzbergen eine geeignete Basis gefunden[1]), die es ihm ermöglichte, in den Jahren 1907 und 1910 seine Studien fortzusetzen[2]). Vor allem aber gelang es ihm, eine ständige deutsche wissenschaftliche Station an der Westküste von Spitzbergen zu begründen, die vom August 1911 an in Tätigkeit war. Sie befand sich bis Juli 1912 an der Küste der Adventbai (78°,2 Nord und 15°,6 Ost), wurde dann aber nach dem Ebeltofthafen in der Croßbai (79°,2 Nord und 11°,6 Ost) verlegt[3]).

Über die Anlage der beiden Stationen und die von ihnen ausgeführten wissenschaftlichen Arbeiten geben zwei zusammenfassende Berichte der dort stationierten deutschen Forscher Aufschluß[4]).

Ein ganz besonderes Verdienst hat sich die Besatzung der deutschen Spitzbergenstation dadurch erworben, daß sie, unter Führung von *Kurt Wegener*, in aufopfernder Weise mitten im arktischen Winter, Februar bis März 1913, eine Schlittenexpedition unternahm, um die an der Nordküste in gefährdeter Lage befindlichen Überlebenden der deutschen Schröder-Stranz-Expedition zu retten[5]). Es war ein schlagender Beweis für die vorzügliche Leitung der Organisation der Station, daß die wissenschaftlichen Arbeiten durch die Rettungsexpedition nur wenig gestört wurden, und die laufenden meteorologischen und aerologischen Arbeiten weitergeführt werden konnten. Es verdient jedoch besonders hervorgehoben zu werden, daß trotz der bescheidenen Verhältnisse der Station die Forscher sich nicht mit den vorgeschriebenen meteorologischen Beobachtungen am Grunde des Luftmeeres und aerologischen Arbeiten mit Hilfe von Drachen, Registrier- und Pilotballonen begnügten, sondern daß sie eifrig bestrebt waren, die gebotene Gelegenheit nach jeder Richtung hin auszunutzen. So stellten sie z. B. Messungen über die Höhe des Nordlichtes an, indem von den Enden einer 7,0 km langen Basisstrecke aus Photographien dieser Lichterscheinung aufgenommen wurden, deren Auswertung Höhen ergab, die zwischen 70 und 200 km lagen, mit einem stark ausgeprägten Maximum um etwa 110 km[6]). Auch gelangen zwei photographische Aufnahmen des Polarlichtspektrums. Magnetische und seismische Registrierungen konnten an der Adventbai, Gezeitenregistrierungen in der Croßbai gewonnen werden[7]). Beobachtungen über die Eisverhältnisse in den Fjorden sowie die Gletscher der Umgebung vervollständigten das reichhaltige Programm. Im Oktober 1912 wurde eine ausgedehnte Eishöhle entdeckt[8]), die interessante Einzelheiten darbot.

Leider hat der Krieg allen weiteren Forschungen ein Ende gemacht, da unseren Feinden selbst diese, doch gewiß friedlichen Arbeiten deutscher Gelehrten auf einem so neutralen Boden, wie es Spitzbergen ist, gefährlich erschienen. Sie konnten aber nicht verhindern, daß zähes Festhalten an der alten traditionellen deutschen Gelehrtengründlichkeit im Verein mit der durch den Krieg gesteigerten Energie der Leistung es ermöglicht hat, mitten im Völkerringen zahlreiche Ergebnisse in einer besonderen Publikation zu veröffentlichen[9]), trotzdem die Verfasser z. T. gleichzeitig im Felde ihrer Militärpflicht genügten. Die Erforschung der höheren Luftschichten in Polargebieten, deren Wichtigkeit schon die Franzosen in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts erkannt hatten und sie veranlaßte, bereits 1839 Fesselballonaufstiege auf Spitzbergen ins Werk zu setzen, scheiterte damals schon an den technischen Schwierigkeiten. Es ist daher zu begrüßen, daß ein als Gelehrter wie als Praktiker gleich hervorragender Aerologe in diesen Veröffentlichungen seine Erfahrungen über die Technik derartiger Arbeiten darlegt[10]).

Anvisierungen von Pilotballonen mittels Theodoliten, die vom 19. Juli 1912 bis zum 9. August 1913, mitunter sogar zweimal täglich erfolgten, er-

---

[1]) Die Erforschung der freien Atmosphäre über dem Polarmeer. Von *H. Hergesell.* Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre, Straßburg, 1906—1908, Bd. *2*, S. 96—98.

[2]) Aerologische Studien im arktischen Sommer. Von *H. Hergesell.* Ebenda, Leipzig, 1914, Bd. *6*, S. 224 bis 261.

[3]) Die deutsche wissenschaftliche Station in Spitzbergen. Von *H. Hergesell.* Schriften der wissenschaftlichen Gesellschaft in Straßburg, Straßburg 1914, Heft *21*, S. 1—5. Mit 1 Karte.

[4]) Die Station in der Adventbay 1911/12. Von *Georg Rempp* und *Arthur Wagner.* Ebenda, S. 6—20. Mit Abb. und 2 Tafeln. — Das Observatorium in der Croßbai 1912/13. Von *Kurt Wegener.* Ebenda, S. 21 bis 29. Mit Abbildungen und 2 Tafeln.

[5]) Die deutsche wissenschaftliche Expedition auf Spitzbergen und die Schröder-Stranz-Expedition. Einleitung von *H. Hergesell.* Die Hilfsexpedition von Cross- und Kingsbai nach Wijdebai. Von *Kurt Wegener.* Petermanns Mitteilungen, Gotha, 1913, *59.* Jahrg., 2. Halbband, S. 137—140. Mit 2 Kartentafeln.

[6]) Das Polarlicht in Spitzbergen nach photogrammmetrischen Messungen 1912/13. Von *Kurt Wegener*, Schriften der wissenschaftlichen Gesellschaft in Straßburg, Straßburg 1914, Heft *21*, S. 30—65. Mit 4 Tafeln.

[7]) Beschreibung der Gezeitenregistrierung in der Croßbai auf Spitzbergen. Von *K. Wegener.* Physikalische Zeitschrift 1912, S. 1223—1224.

[8]) Die „Gnipa"-Höhle in der Croßbai Spitzbergens. Von *Kurt Wegener.* Petermanns Mitteilungen, Gotha 1913, *59.* Jahrg., 2. Halbband, S. 86. Mit 1 Tafel und 1 Karte.

[9]) Veröffentlichungen des Deutschen Observatoriums Ebeltofthafen-Spitzbergen. Herausgegeben von *H. Hergesell*, Lindenberg. Druck von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig. 1916, Hefte 1 bis 5. 1917, Hefte 6 und 7.

[10]) Die Technik der Drachen- und Ballonaufstiege im Winterquartier 1912/13 zu Ebeltofthafen (Spitzbergen). Von *Kurt Wegener.* Ebenda, Heft *2*, S. 3 bis 9. Mit 1 Tafel.

möglichten die Feststellung von Richtung und Geschwindigkeit des Windes in Höhen bis zu 14 500 m[11]). Daneben wurden Aufstiege von Fesselballonen veranstaltet, die, mit Hergesell-Bosch-Registrier-Instrumenten versehen, Temperatur und relative Feuchtigkeit in Höhen bis zu 5460 m Höhe zu bestimmen gestatteten[12]).

Von hoher klimatologischer Bedeutung sind die regelmäßigen Terminbeobachtungen der Station[13]), weil sie in glücklicher Weise die Beobachtungen der dänischen Expedition von *I. P. Koch* und *Alfred Wegener* ergänzen, die zu gleicher Zeit an der Nordküste von Grönland weilte. Aus diesem Grunde wurden auch die gleichen Beobachtungstermine wie dort, nämlich 8 a, 2 p und 9 p mittlerer Ortszeit gewählt, doch sind die veröffentlichten Terminwerte für Luftdruck, Temperatur und relative Feuchtigkeit aus Registrierungen entnommen.

Die Aufstellung von Thermographen auf dem 590 m über die Basisstation aufragenden de la Brise-Berg, etwa 4 km nordnordwestlich, sowie bei Kap Mitra, 7 km südwestlich vom Observatorium, ermöglichte die Gewinnung zuverlässiger Temperaturwerte von diesen beiden exponierten Punkten während des Winters. Beachtenswert ist, daß auch die Tagesmittelwerte für Luftdruck, Temperatur und relative Feuchtigkeit nicht aus den Einzelbeobachtungen, sondern ausschließlich durch Integration der Registrierkurven, und die Monatsmittel durch Mittelbildung dieser Tageswerte gewonnen wurden, ein Verfahren, dessen Berechtigung *K. Wegener* in einer Vorbemerkung näher begründet. An der Basisstation war der Luftdruck selbst im Monatsmittel starken Schwankungen ausgesetzt. Das Augustmittel betrug 1912 763,0 mm, das Märzmittel 1913 dagegen nur 746,5 mm. Die Extreme waren 778,2 mm im April 1913 und 723,9 mm im Februar 1913. Die Monatsmittel der Temperatur lagen zwischen 4,5° (Juli 1913) und —14,5° (Februar 1913), die Extreme betrugen 12,4° (Juli 1913) und —35,4° (Dezember 1912). Die größte Tagesschwankung erreichte im Oktober 1912 23,8°. Die Monatsmittel der relativen Feuchtigkeit lagen zwischen 71 % und 88 %, die monatlichen Niederschlagsmengen zwischen 3,9 mm (April 1913) und 75,4 mm (August 1912). Das Tagesmaximum betrug 25,4 mm (August 1912).

Die Untersuchung der Temperaturverhältnisse in den oberen Luftschichten[14]) ergab eine Scheidung in drei Wettertypen, durch deren oft sehr schroffen Wechsel das Klima Spitzbergens charakterisiert ist: 1. den kontinentalen Typus, bei dem der Archipel einem Hochdruckgebiet angehört, 2. den maritimen Typus mit warmen feuchten Südwestwinden, der durch die großen nordatlantischen Tiefdruckgebiete hervorgebracht wird, und 3. den Typus der „lokalen Winde", verursacht durch Depressionen, die recht häufig zwischen Spitzbergen und dem Festland vorbeiziehen. Daß die Eigenschaften dieser „lokalen Winde" im Herbst und Winter in allen Einzelheiten mit dem harmonieren, was die von *R. Wenger* entwickelte Dynamik des Föhnwindes verlangt bzw. plausibel erscheinen läßt, wird in einer besonderen Studie näher begründet[15]). Der kontinentale Hochdrucktypus verdankt seine Entstehung der Abkühlung der Luft durch die Eisbedeckung des Innern und das Abfließen der schweren kalten Luft nach außen, wobei die Einschnitte der Fjorde als bequeme Abflußwege dienen. Für diese Auffassung sprechen auch die Beobachtungen der verunglückten Schröder-Stranz-Expedition[16]).

Die wenigen Erdbeben, welche auf der Station zur Registrierung gelangten, gaben Veranlassung zur Untersuchung der Frage, welche Wirkung die ablenkende Kraft der Erdrotation auf die Fortpflanzungsrichtung der Erdbebenwellen ausübt[17]). Es wird darauf hingewiesen, daß diese ablenkende Kraft sich auch bei den Meereswellen geltend machen müsse, wo sie Drehungen bis gegen 40° zur Folge haben kann.

Die photographischen Aufnahmen vom Nordlicht, die in größerer Anzahl gemacht werden konnten und, wie schon erwähnt, zur Berechnung der Höhe dieses merkwürdigen Phänomens dienten, erlaubten auch zuverlässige, von subjektivem Empfinden freie Untersuchungen über die Struktur der Lichterscheinung anzustellen[18]).

Bei der Bestimmung der geographischen Koordinaten des Observatoriums ist die Feststellung von Wert, daß die geographischen Längen sich seit den Messungen der Schwedischen Gradmes-

[11]) Ergebnisse der Pilotballonvisierungen während der Überwinterung 1912/13. Von *Kurt Wegener* und *Max Robitzsch*. Ebenda Heft *3*, 18 Seiten.

[12]) Ergebnisse der Fesselballonaufstiege während der Überwinterung 1912/13. Von *Kurt Wegener* und *Max Robitzsch*. Ebenda, Heft *4*. 20 Seiten. Mit 2 Tafeln.

[13]) Klimatologische Terminbeobachtungen während der Überwinterung 1912/13. A. Beobachtungen der Basisstation. — B. Temperaturwerte vom de la Brise-Berg (590 m, Bergstation). — C. Temperaturwerte und Beobachtungen vom Kap Mitra (Südkap). Von *Kurt Wegener* und *Max Robitzsch*. Ebenda, Heft *5*. 44 Seiten. Mit Abbildungen.

[14]) Die Temperaturverhältnisse über Spitzbergen nach den Ergebnissen der Aufstiege mit freien Registrierballonen, Fesselballonen und Drachen während der Überwinterung in Adventbai 1911/12. Von *G. Rempp* und *A. Wagner*. Ebenda, Heft *1*. 27 Seiten. Mit Abbildungen.

[15]) Die Hydrodynamik des Föhns und die „lokalen Winde" in Spitzbergen. Von *G. Rempp* und *A. Wagner*. Ebenda, Heft *7*. 12 Seiten.

[16]) Einiges aus den Ergebnissen der Schröder-Stranz-Expedition. Von *Kurt Wegener*. Ebenda, Heft *2*, S. 12—14.

[17]) Die ablenkende Kraft der Erdrotation in der Seismik. Von Kurt *Wegener*. Ebenda, Heft *2*, S. 10 bis 11. Mit Figuren.

[18]) Die Struktur des Polarlichtes während des Winters 1912/13. Von *Max Robitzsch*. Ebenda, Heft *6*, S. 3—17. Mit 5 Tafeln.

sungsexpedition 1861—1864 immer mehr nach Westen verschoben haben[19]). Doch sind erst noch Längenbestimmungen zu verschiedenen Zeiten an demselben Orte erforderlich, um einen strengen Beweis für eine solche Verschiebung zu erbringen, die dann eine wichtige Stütze der Hypothese *Alfred Wegeners* von der Verschiebung der Kontinente auf dem Erdkörper bilden würde.

Eine in Spitzbergen häufiger vorkommende Oberflächenform wird gekennzeichnet durch einen äußeren Steinkranz, der eine feinerdige Schuttinsel umschließt. Man bezeichnet sie als Strukturboden und hat mehrere Erklärungsversuche für diese eigenartige Erscheinung aufgestellt, denen hier eine neue hinzugefügt wird, die sich von den übrigen im wesentlichen dadurch unterscheidet, daß nach ihr der Strukturboden nicht durch einen an Ort und Stelle erfolgten Vorgang bewirkt, vielmehr die Sonderung des Detritus für Stein- und Erdmaterial auf zwei entsprechende, voneinander unabhängige Sondervorgänge zurückgeführt wird[20]).

Wir begrüßen in den bis jetzt vorliegenden Veröffentlichungen, denen noch weitere folgen werden, wissenschaftliche Dokumente, die alle jene Kennzeichen aufweisen, durch welche echte deutsche Forscherarbeit sich von jeher ausgezeichnet hat: Energie, Fleiß, Gedankenreichtum und Gründlichkeit. Die Arbeiten zeigen zugleich, daß sich auch mit geringen Mitteln Vorzügliches leisten läßt, wenn die Organisation, die Auswahl des Personals, die Stellung der Probleme usw. in derselben Hand liegen, die es versteht, ohne Betonung des Vorgesetztenstandpunktes bei den Mitarbeitern begeisterte Arbeitsfreudigkeit wachzurufen und zu erhalten.

Leider ist die Hoffnung auf eine Wiederaufnahme der jäh abgebrochenen Arbeiten äußerst gering. Spitzbergen ist, soweit sich dies aus den lückenhaften Nachrichten ersehen läßt, auf die wir immer noch angewiesen sind, dem norwegischen Staate zugefallen, der vor dem Kriege als deutschfreundlich gelten konnte. Die Tatsache jedoch, daß Norwegen im Gegensatze zur Schweiz und den Niederlanden auf der Pariser Konferenz im Mai 1919 für die Ausschließung Deutschlands aus der Fédération Aëronautique Internationale stimmte, läßt befürchten, daß diese hierdurch ausgedrückten Gefühle nicht nur bei den beiden abstimmenden Norwegern vorhanden waren, sondern auch in anderen Kreisen geteilt werden. Wir wollen hoffen, daß die norwegischen Gelehrten und Forscher, die vor dem Kriege so rege Beziehungen zur deutschen Wissenschaft hatten, diesem alten Drange treu bleiben. Dann wird auch das Spitzbergen-Observatorium, das im Kriege von den Engländern zusammengeschossen wurde, wieder neu erstehen und alte noch bestehende wissenschaftliche Beziehungen wieder fester knüpfen. *Otto Baschin.*

[19]) Bestimmung der geographischen Koordinaten des Observatoriums, ausgeführt von *Kurt Wegener* und *Max Robitzsch*, mitgeteilt von *Max Robitzsch*. Ebenda, Heft *6*, S. 18—24.

[20]) Zur Entstehung des Strukturbodens in polaren Gebieten. Von *O. Stoll*. Ebenda, Heft 7, S. 3—14. Mit 1 Tafel.

Besprechungen.

Odén, Sven, Die Huminsäuren. Chemische, physikalische und bodenkundliche Forschungen. Dresden und Leipzig, Th. Steinkopff, 1919. 199 S. und 21 Abbildungen. Preis M. 13,20.

Der schon seit Jahren auf dem Gebiet der Ton- und Humusforschung weit bekannte schwedische Forscher gibt in dem vorliegenden Buch eine dankenswerte Darstellung des Humusproblems, unter Begrenzung der weiteren Ausführungen auf einige bestimmte Gruppen von Humusstoffen. Später sollen Mitteilungen über die übrigen in Frage kommenden Humusstoffe folgen.

Odéns Veröffentlichung soll eine Vorarbeit für ein später erscheinendes Handbuch darstellen, und man darf wohl sagen, daß alle beteiligten Kreise demselben mit ungeduldiger Erwartung entgegensehen werden. Fehlt es doch für die Humusstoffe sehr an einer leicht zugänglichen, zusammenfassenden Darstellung des Gesamtgebiets. Auch die vorliegende Arbeit *Odéns* gibt nur einen Ausschnitt desselben, der wesentlich die Chemie und physikalische Chemie der Humusstoffe umfaßt und neue Arbeiten des Verfassers in noch engerer Abgrenzung bringt. Auch bodenkundliche Fragen ganz bestimmter Richtung werden gestreift, ohne daß natürlich das gewaltige und schwer zugängliche Gebiet in größerem Umfang hätte behandelt werden sollen.

Nach kurzer Besprechung der anzuwendenden Einteilung der Humusstoffe finden wir eine vorzügliche geschichtliche Darstellung der bisherigen Forschungen, bei der die Namen *Sprengel* und *Berzelius* besonders hervortreten. Dann folgen zum überwiegenden Teil auf Arbeiten *Odéns* und seiner Schüler aufgebaute Abschnitte.

Zunächst findet hier die in Alkohol unlösliche, aber in Lauge lösliche *„Humussäure"* Behandlung. Dieselbe ist zwar noch nicht im eigentlich chemischen Sinne als „rein" darstellbar anzusehen, bietet aber nach der von *Sven Odén* angegebenen Herstellungsweise eine immerhin einstweilen als befriedigend rein und einheitlich anzusehende „Humussäure". Mit Wasser gibt dieselbe, da sie sich leicht weitgehend darin verteilen läßt, Aufschwemmungen, die bis zu kolloider Verteilung gehen. Die in solchen *Humussäure-Kolloidlösungen* vorkommenden Teilchen unterscheidet *Odén*, den neueren Anschauungen auf diesem Gebiete entsprechend, als Primärteilchen, denen er schätzungsweise 2000 Moleküle auf das Teilchen zuschreibt. Das Molekulargewicht der Humussäure bemißt er auf 1500, die Durchmesser der Primärteilchen auf etwa 20 μμ. Dabei sind diese negativ geladen und in hohem Grade hydratisiert. Die von ihnen erfüllte kolloide Lösung ist dunkelbraun und fast durchsichtig. Sie reagiert schwach sauer, was wahrscheinlich teilweise auch dem von der Humussäure abdissoziierten $H^{\cdot}$ zuzuschreiben ist. Durch größere Mengen von Kationen werden die Primärteilchen dann unter fortschreitender Entladung zu größeren Haufwerken zusammengezwungen, deren Ausdehnung mit der Höhe der Wertigkeit der Kationen wächst. Die Hydration bleibt, wenn

nicht unverändert, immerhin groß genug, um dem entstehenden Niederschlag schleimige, voluminöse Eigenschaft zu verleihen. Die Ionen der ausfällenden Elektrolyte werden reichlich festgehalten. Wenn man durch Auswaschen oder Peptisation diese Flockengebilde wieder aufzuteilen sucht, so erhält man Sekundärteilchen von 100—1000 μμ und noch mehr Durchmesser. Ob es möglich ist, wieder völlig zu den Primärteilchen zurückzugelangen, steht dahin.

Odén wendet sich dann der Behandlung der Frage nach der *„Säurenatur" der Humussäure* zu, obwohl er nicht abgeneigt scheint, sie an Hand der diesbezüglichen Arbeiten der letzten Zeit schon ziemlich als erledigt anzusehen. Er hat aber durch erneute Untersuchungen einmal festgestellt, daß die Säurereaktion von Humusböden durch Adsorptionszersetzung nicht erklärt werden kann, weil letztere in dafür geeigneten Versuchen nicht nachzuweisen war. Dann aber, daß die bereits von mehreren Seiten nachgewiesene Bildung von Humationen aus gereinigten Humussäureerzeugnissen auch bei gewöhnlichem Naturhumus nachzuweisen ist, so daß also auch dies natürliche Gebilde tatsächlich Humussäure enthält. Gegenüber den Torfmoosen machen sich in dieser Hinsicht recht deutliche Unterschiede bemerkbar. Die sowohl schwach bei der künstlich hergestellten Humussäure, stärker beim Naturhumus, und am stärksten bei den Torfmoosen hervortretende Adsorption vermag daran nichts zu ändern und tritt der Bildung der Humationen gegenüber in den Hintergrund. Das Vorhandensein von Säuren im Humus ist somit abschließend in gründlichster Weise durch *Odén* erwiesen.

Das *Äquivalentgewicht* der Humussäure ist nach verschiedenen Verfahren zu etwa 340 ± 10 zu bemessen. Daß es sich um eine *vierbasische Säure* handelt, ist bis zur Gewinnung sicherer Feststellungen mindestens wahrscheinlich, zumal nach neuesten Ermittelungen von *Odéns* Schüler *Assarsson*. Als mögliche Formel wäre $(HOCO)_4C_{60}H_{52}O_{42}$ zu nennen.

Auf eine Darstellung des bisher über die Humate, also die Salze der Humussäure Bekannten folge kurze Mitteilung der abweichenden Eigenschaften, welche die in Alkohol lösliche *Hymatomelansäure* gegenüber der alkoholunlöslichen Humussäure zeigt. Besonders hervorzuheben ist hier wohl die größere Neigung der Hymatomelansäure zur Zerteilung, wodurch kolloide Lösungen von größerer Beständigkeit als die der Humussäure entstehen. Hierdurch würde sich auch eine vermutlich in Erscheinung tretende Schutzwirkung der Hymatomelansäure gegenüber der Humussäure erklären. Auch die in Alkohol selbst unlöslichen Salze der Hymatomelansäure lassen sich in Alkohol wie Wasser leicht zerteilen. Ein wichtiger Abschnitt behandelt weiter die *Humussäure, Hymatomelansäure und ihre Salze als Kolloide.* Über die Ultramikroskopie wird kurz hinweggegangen, etwas mehr über das Verhalten der Sole gegen Frost gegeben, dann der Schwellenwert von Humussäuresuspensionen und einigen kolloiden Salzen der Humussäure gegen verschiedene Elektrolyte angegeben, und weiter die Wasserbindung der Humusgele nach *van Bemmelen* untersucht. Dann folgen Angaben über die innere Reibung von Humussolen. Schließlich bringt *Odén* als weiterhin fesselnden Teil dieses Abschnittes Ausführungen über die Schutzwirkungen der Humusstoffe, die für verschiedene Tonarten sowie verschiedene Elektrolyten als spezifisch verschieden nachgewiesen werden.

Diese bisher besprochenen, mehr theoretischen Arbeiten und Feststellungen werden durch einen zweiten Hauptteil des Buches ergänzt, der sich mehr praktischen, oder angewandten Fragen der Humuschemie widmet. Hier wird zunächst ein neues, kolorimetrisches *Verfahren der Bestimmung der Humifizierung* gegeben. Als theoretische Grundlage dient die durch eine Reihe von Untersuchungen gegebene Erscheinung, daß man praktisch damit rechnen kann, die Farbenstärke des in dem natürlichen Humus vorkommenden Gemisches von Verbindungen durch Vergleich mit *Mercks* acidum huminicum zu ermitteln. Daß dabei noch Unsicherheiten bestehen bleiben, verkennt *Odén* freilich keineswegs, doch ist natürlich ein vorläufiges Ergebnis immer schon zu begrüßen.

Als zweiter Abschnitt wird die *Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration* einer Reihe von Torfproben behandelt. Obwohl die gefundenen Aziditätszahlen durchaus dieselbe Größenordnung zeigen wie die von einem früheren Forscher ermittelten, so zweifelt *Odén*, vermutlich mit Recht, an ihrer Wichtigkeit, da die Störungen der Messung durch Zufälligkeiten, Verunreinigungen und dergleichen erhebliche sein dürften. Als letztes hier sich anschließendes Gebiet ist die *Bestimmung des Gehalts an Säuren* in Humusstoffen angeführt, eine Aufgabe, die sich mit der Humussäurebestimmung nicht deckt, da nach *Odéns* mehrfach hervorgehobener Ansicht auch noch andere Säuren adsorbiert oder auch nicht adsorbiert in Humusstoffen eine Rolle spielen, so Oxal-, Zitronen-, Phosphorsäure, weiter vermutlich Ameisen-, Essig-, Bernsteinsäure, Schwefelsäure, aber auch vor allem Kohlensäure und die verschiedenen Pektinsäuren. Da außerdem nach Ermittelungen von *Odéns* Mitarbeiter *Assarsson* auch noch besondere Umstände in Betracht kommen, welche nach Zusatz von Alkali zu einer Vermehrung der Gesamt-Aziditätserscheinungen führen, so kommt man nur unter sorgfältiger Einhaltung bestimmter Versuchsbedingungen zu ziemlich konstanten Zahlen.

Einige Abschnitte über die Oxydation der Humusstoffe im Hinblick auf die Raseneisenerzbildung, über die Bedeutung der Kalkung von Humusböden und über die Humifizierung verschiedener schwedischer Moorböden schließen das inhaltsreiche Buch. Über sie wird an anderer Stelle[1]) zu berichten sein.

Paul Ehrenberg, Göttingen.

Walden, P., Optische Umkehrerscheinungen (Waldensche Umkehrung). Die Wissenschaft Band 64. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1919. 214 S. und 6 Abbildungen. Preis geh. M. 10,—, geb. M. 12,—.

Eine optisch aktive Verbindung kann sich wohl freiwillig in ihren Antipoden verwandeln, aber dieser Vorgang verläuft nur so lange, bis die beiden Formen in äquivalenten Mengen vorhanden sind, dem Gleichgewichtszustand entspricht also das racemische Gemisch. Eine Abweichung von diesem Verlauf kann nur ein Faktor hervorbringen, der sich den beiden Formen gegenüber verschieden verhält.

Wird eine der mit einem asymmetrischen Atom verbundenen Gruppen durch eine andere ersetzt, so sind nach der Theorie nur zwei Fälle möglich: Entweder der Substituent tritt nur an die Stelle der Gruppe, die er ersetzt, die Konfiguration bleibt also ungeändert, oder aber es tritt gleichzeitig mit der Substitution Racemisierung ein. Der letztere Fall war häufig be-

[1]) Journal für Landwirtschaft 1920.

obachtet worden, ja bei manchen Substitutionen schien es unmöglich, von aktivem Ausgangsmaterial zu dem aktiven Derivat zu gelangen, man erhielt dieses immer in der racemischen Form.

Entstand dagegen ein aktives Derivat, hielt man es nach dem Gesagten für selbstverständlich, daß kein Konfigurationswechsel eingetreten war.

Im Jahre 1896 erhielt nun *Walden* bei der Erforschung der Bedingungen, unter denen bei Substitution Racemisierung eintritt, ein völlig unerwartetes Resultat. Aus der l-Äpfelsäure entstand durch Behandeln mit Phosphorpentachlorid eine aktive Chlorbernsteinsäure, die nach den bis dahin vorliegenden Erfahrungen und theoretischen Anschauungen in ihrer Konfiguration der Äpfelsäure entsprechen mußte, von der man ausgegangen war, sich also von dieser nur durch den Ersatz der OH-Gruppe durch das Cl-Atom unterscheiden durfte. Dem entsprechend mußte man, wenn man nun das Cl-Atom wieder durch die OH-Gruppe ersetzte, wieder zu der l-Äpfelsäure gelangen, von der man ausgegangen war. Das geschah auch, wenn man diesen Ersatz z. B. durch KOH bewirkte, nicht aber, wenn man statt dessen etwa Ag_2O verwandte: in diesem Fall erhielt man nicht l-, sondern d-Äpfelsäure!

Es hatte also bei einer der Substitutionen ein vollständiger Konfigurationswechsel stattgefunden. Bei welcher Reaktion das geschah, ließ sich nicht entscheiden, weil ja nach dieser Erfahrung von keiner Substitution mehr behauptet werden konnte, daß sie „normal" verlaufe. Jedenfalls aber war damit ein völlig neuer Weg aufgefunden, um von einer aktiven Verbindung zu ihrem optischen Antipoden zu gelangen.

Die Bedeutung dieser Entdeckung reicht aber viel weiter, denn da sie den Erwartungen widerspricht, zu welchen man auf Grund der Stereochemie, der chemischen Dynamik und der üblichen Auffassung der Substitution gelangen mußte, bleibt nichts übrig, als diese Grundlagen zu revidieren. Dabei kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, daß es die zuletzt genannte ist, die sich als unzureichend erwiesen hat.

Seit der Entdeckung der Waldenschen Umkehrung hat sich eine große Zahl von Forschern sowohl experimentell als theoretisch mit dem Problem beschäftigt, die Literatur darüber ist für den Fernerstehenden nicht mehr zu übersehen, und es ist deshalb sehr zu begrüßen, daß der Entdecker selbst es unternommen hat, das Material übersichtlich und kritisch darzustellen.

Die vorliegende Schrift wurde schon vor Ausbruch des Krieges gedruckt, aber der Verf. hat in einem Nachtrag die seither erschienenen Abhandlungen berücksichtigt. Es sei hier besonders auf die Untersuchungen von *Senter* und seinen Mitarbeitern hingewiesen, die gefunden haben, daß auch das, scheinbar an der Reaktion nicht beteiligte, Lösungsmittel Umkehrung bewirken kann.

Nach einer historischen Einleitung bringt *Walden* zunächst das sehr umfangreiche Tatsachenmaterial, das sich über Versuche an optisch-aktiven organischen und anorganischen Verbindungen mit einem oder mehreren asymmetrischen Atomen, ungesättigten und anorganischen raumisomeren inaktiven Verbindungen erstreckt.

Daran schließt sich eine kritische Besprechung der bisher versuchten theoretischen Deutungen. Es werden nicht weniger als 20 angeführt, aber der Verf. kommt zu dem Schluß, daß keine davon das leistet, was der Chemiker zu fordern berechtigt ist: die Voraussage, wann Umkehrung eintritt und wann normale Substitution erfolgt.

Ein eigenes Kapitel ist der Autoracemisierung gewidmet und hier bringt der Verf. auch eigene noch nicht veröffentlichte Versuche über die Racemisierung der aktiven Halogenbernsteinsäureester in verschiedenen Lösungsmitteln.

Die vorliegende Monographie nimmt insofern eine gewisse Sonderstellung ein, als sie zwar über die Anstrengungen einer Generation von Forschern zu berichten, aber eine befriedigende Lösung des Rätsels nicht einmal anzudeuten vermag. Gerade das aber gibt ihr Anspruch auf das Interesse jedes Lesers, dem die Grundfragen der Chemie nicht gleichgültig sind. Denn wenn auch heute noch nicht einmal zu erkennen ist, von welchem Gebiet der Chemie die Aufklärung dieses Problems kommen wird: sie wird einen Wendepunkt in unseren Anschauungen über den Mechanismus chemischer Reaktionen bedeuten.

H. v. Halban, Würzburg.

Ostwald, Wolfgang, Die Welt der vernachlässigten Dimensionen. Eine Einführung in die moderne Kolloidchemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendungen. Dritte Auflage. Dresden und Leipzig, Th. Steinkopff, 1919. X, 222 S. Preis geb. M. 9,—.

Als die Welt der vernachlässigten Dimensionen bezeichnet der Verfasser Gebilde, deren Teile so klein sind, daß wir sie nicht mehr mit dem Mikroskop unterscheiden können, aber andererseits zu groß, um als Moleküle bezeichnet werden zu können. Die Tatsache, daß bei einem solchen Dispersitätsgrade der Materie, der also Teilchen von etwa einem zehnmillionstel bis zu einem Millionstel Millimeter (0,1—1,0 μμ) umfaßt, viele Eigenschaften einen ausgezeichneten Wert, ein Maximum oder Minimum erlangen, hat zur Ausgestaltung einer Sonderwissenschaft dieses Dispersitätsgebietes geführt: der Kolloidchemie. Die Kolloide stellen hiernach ein nur aus praktischen Gründen abgegrenztes Gebiet aus der kontinuierlichen Reihe verschieden disperser Systeme dar. Es gibt alle Übergangssysteme sowohl zwischen Kolloiden und groben Dispersionen als auch zwischen Kolloiden und molekulardispersen Lösungen. *Wolfgang Ostwald* ist ein wahrhaft begeisterter Vertreter der Kolloidchemie, die er durch eigene wertvolle Forschungen bereichert hat und der er neue Anhänger zu werben sucht. Die vorliegende Arbeit bezeichnet er selbst als Propagandaschrift für die Kolloidchemie. Sie ist das literarische Ergebnis einer Vortragsreihe, die er im Winter 1913/14 auf Einladung einer Reihe amerikanischer Universitäten nach den Vereinigten Staaten und nach Kanada unternommen hat. Die Schrift gibt einen ausgezeichneten Überblick über den Inhalt und Umfang und über die weitreichende Bedeutung des behandelten Wissensgebietes. Im ersten Vortrage werden die Grunderscheinungen des kolloidalen Zustandes und die Kolloide als disperse Systeme behandelt und die Herstellungsmethoden kolloidaler Lösungen beschrieben. Der zweite Vortrag umfaßt die Systematik der Kolloide und die physikalisch-chemischen Eigenschaften der Kolloide in ihrer Abhängigkeit vom Dispersitätsgrad. Die theoretische Betrachtung schließt mit dem dritten Vortrage, der die Zustandsänderungen der Kolloide behandelt. Die beiden letzten Vorträge betreffen Anwendungen der Kolloidchemie, der vierte die wissenschaftlichen, der fünfte die technischen und praktischen Anwendungen.

Die pädagogisch vortrefflichen Ausführungen der drei ersten Vorträge werden durch eine Reihe einfacher aber höchst einleuchtender Versuche unter-

stützt. Beiläufig sei bemerkt, daß nicht recht einzusehen ist, weshalb der Versuch zur Demonstration der Elektrophorese einige Stunden vor dem Vortrage in Gang gesetzt wird und so nur das Endergebnis erkennen läßt: Die Elektrophorese läßt sich bequem in zehn Minuten weithin sichtbar demonstrieren. Die beiden letzten Vorträge überschütten den Leser etwas reichlich mit Material; es entspricht hier der Eindruck unabsehbarer Anwendungsmöglichkeiten aber wohl der Absicht des Verfassers.

Man begreift beim Lesen des höchst anziehend geschriebenen kleinen Buches den Erfolg, den die mündlichen Vorträge hatten, bei denen die Begeisterung des Verfassers für seinen Gegenstand zu noch eindringlicherer Wirksamkeit gelangen konnte. Die Aufnahme des Buches zeigt, daß der Verfasser auch mit der Niederschrift der Vorträge seiner Wissenschaft Anhänger zu werben verstanden hat.

Alfred Coehn, Göttingen.

Küster †, F. W., Logarithmische Rechentafeln für Chemiker, Pharmazeuten, Mediziner und Physiker. Für den Gebrauch im Unterrichtslaboratorium und in der Praxis berechnet und mit Erläuterungen versehen. Nach dem gegenwärtigen Stande der Forschung bearbeitet von Dr. *A. Thiel*, a. o. Professor der physikalischen Chemie, Direktor des Physikalisch-chemischen Instituts der Universität Marburg. Einundzwanzigste, vermehrte und verbesserte Auflage. Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger; Walter de Gruyter & Co. vormals G. J. Göschensche Verlagsbuchhandlung; J. Guttentag, Verlagsbuchhandlung; Georg Reimer; Karl J. Trübner; Veit & Co. 1919. 116 S. Preis gebunden M. 6,—.

Ein Zeichen für die übertriebene Bevorzugung des Chemiestudiums seitens der Kriegsteilnehmer, die notwendig zu den allerschwersten Enttäuschungen und einer schädlichen Abwanderung unserer besten jungen Akademiker führen muß, ist die Tatsache, daß das unentbehrliche Handwerkszeug jedes analytisch arbeitenden Chemikers, die Küster-Thielsche Rechentafel, seit 1917 in fünf Auflagen hat gedruckt werden müssen, in diesem Jahre allein zweimal mit erhöhter Stückzahl. Wenn die Tafeln mit Überlegung und voller Ausnutzung ihres vielseitigen Inhaltes verwendet werden, sind sie nicht nur eine gute praktische Hilfe, sondern auch ein vorzügliches Erziehungsmittel zur Selbstkritik.

Um sie noch mehr zu einem pädagogischen Werkzeug zu machen, schlägt der Referent vor, bei der Berechnung der Molekulargewichte nach der Viktor Meyerschen Dampfdichtebestimmung (Tafel XI) nicht den Stickstoff als Bezugsgas zu wählen, was nur zur Raumersparnis geschieht, sondern eine neue Tabelle für das Molekularvolumen *aller* Gase bei den in Frage kommenden Temperaturen und Drucken zu geben. Dadurch gewinnt die Rechnung an Durchsichtigkeit, und die Studierenden gewöhnen sich daran, in *Molen* zu denken und das Avogadrosche Gesetz, die Grundlage aller Chemie und Physik, zu benutzen. Einzelne Daten in Tabelle VIII und XI (molekulare Gefrierpunktserniedrigungen und Gasdichten) würden besser durch neuere Werte ersetzt; die sehr genauen Ergebnisse der Genfer Schule (*Guye* und seine Mitarbeiter) müßten mehr berücksichtigt werden, außerdem vermißt der Ref. die ausdrückliche Angabe des elektrischen Wärmeäquivalentes (Joule : Grammkalorie) und Angaben über die Löslichkeit der analytisch wichtigen „unlöslichen" Stoffe.

W. Roth, Braunschweig.

Forcrand, R. de, Cours de Chimie. 2. Auflage. Paris, Gauthier-Villars, 1918 und 1919. Band I: VIII, 438 S. und 26 Abbild. Preis Frs. 14,—; Band II: 528 S. und 34 Abbild. Preis Frs. 18,—.

Das Buch des durch anorganisch- und physikalisch-chemische Arbeiten bekannten Verfassers, Direktors des Chemischen Instituts der Universität Montpellier, soll auf eine bestimmte Prüfung (Certificat d'études supérieures de physique, chimie et sciences naturelles) vorbereiten. Der erste Band behandelt die anorganische Chemie; der zweite bringt die organische Chemie, eine Übersicht über die Analyse und eine Reihe zumeist recht gezwungener stöchiometrischer Rechenbeispiele. In seiner nüchternen, schematisierenden Darstellungsweise bietet das Werk wenig Bemerkenswertes. Standpunkt und Angaben entsprechen nicht durchweg der neuesten Zeit. — Wie bei uns, ertönt auch in diesem französischen Buche die Klage über die Zerfahrenheit der anorganisch-chemischen Nomenklatur. Dem Leser, welcher sich der letzten Ergebnisse der Atomforschung erinnert, muß auffallen, wie gering der Verfasser vom periodischen System der Elemente denkt. Ganz zweckmäßig erscheint die Einteilung der Naturvorgänge in physikalische, chemische und radiochemische (hier wäre nur ein anderes Wort besser am Platze), je nachdem sie sich ohne Änderung der Moleküle, unter Änderung der Moleküle bei unveränderten Atomen oder schließlich unter Änderung der Atome abspielen. Als Ursprung der chemischen „Wissenschaft" — im Gegensatz zur chemischen „Kunst" der Alchemisten — betrachtet Hr. *de Forcrand* das Jahr 1776, in dem *Lavoisier* das Gesetz von der Erhaltung der Masse aussprach; „c'est en ce sens que Wurtz a peu dire que Lavoisier a créé la Chimie".

A. Stock, Berlin-Dahlem.

Botanische Mitteilungen.

Über Zellteilungen in Elodeablättern nach Plasmolyse (*G. Haberlandt*, Sitz.-Ber. d. p. Ak. d. Wiss., phys.-math. Klasse *39*, 1919). Die fortgesetzten Untersuchungen *Haberlandts* über die Physiologie der Zellteilung bringen immer weitere Einzelheiten, die nicht nur vom physiologischen, sondern auch vom phylogenetischen Standpunkt aus bedeutungsvoll sind. Die neue Mitteilung beschäftigt sich mit den Teilungsvorgängen, die bei Blättern der Wasserpest (Elodea) durch Plasmolyse induziert werden. Es gelang, Zellteilungen künstlich hervorzurufen, bei denen der Kern im Ruhezustande verharrte, während normalerweise Kern- und Zellteilung stets miteinander kombiniert sind. Dies ist ein primitiveres Verhalten, das sein Analogon bei gewissen niederen Organismen, z. B. der Grünalge Cladophora, findet. Aber die Übereinstimmung geht noch weiter. Genau wie bei Cladophora erfolgt die Wandbildung nicht simultan, wie es dem allgemeinen Typus höherer Pflanzen entspricht, sondern es entwickelt sich vom Zellrande aus ein Ringwulst, der immer weiter nach dem Zellinnern vordringt. Auch in den früheren Untersuchungen fehlt es nicht an solchen Analogien. So betont *Haberlandt*, „daß der Zellteilungsmodus in den Coleushaarzellen nach Plasmolyse der Bildung der plasmatischen Scheidewand bei der Teilung der Oedogoniumzellen entspricht, während die Bildung der Scheidewände in den Epidermiszellen von Allium an die Entstehung der Scheidewände bei der Ausbildung der Zoosporangien und Oogonien von Vaucherin erinnert". Allerdings erweist sich

die bei Elodea hervorgerufene Entwicklungsänderung insofern als einschneidender, als bei Coleus und Allium die Zellkerne wenigstens noch einen gewissen Anlauf zu mitotischer Teilung nehmen. Die Unterdrückung der sonst mit der Zellteilung parallel gehenden Kernteilung läßt sich in all diesen Fällen wohl darauf zurückführen, daß der Kernteilungsmechanismus für den plasmolytischen Reiz unempfindlicher ist als der Zellteilungsmechanismus.

Das Resultantengesetz beim Haptotropismus (*P. Stark*, Jahrb. f. wiss. Bot. *58*, 1918). Im Anschluß an die früheren Arbeiten über die haptotropischen, d. h. durch einseitige Berührungsreize ausgelösten Krümmungsreaktionen, über die auch in dieser Zeitschrift berichtet wurde, wurde in der neuen Untersuchung das Thema von einer spezielleren Seite gefaßt: Wie verhalten sich Keimlinge, wenn sie gleichzeitig auf zwei Flanken, die einen beliebigen Winkel miteinander bilden, gereizt werden, wenn also nebeneinander zwei verschieden gerichtete Krümmungstendenzen erzeugt werden? Der Erfolg ist genau der, den man erwarten konnte: werden die beiden Flanken gleich stark gereizt, d. h. gleich oft gerieben, dann krümmen sich die Versuchsobjekte in der Ebene der Winkelhalbierenden. Das gilt allerdings nicht von jedem Individuum, vielmehr findet stets eine gewisse Streuung nach links und rechts statt; wenn man aber die Mittelwerte einer ganzen Serie berechnet, dann erhält man Beträge, die meist nur Bruchteile eines Grades von dem theoretischen Winkel abweichen. Reizt man dagegen die beiden Flanken mit verschiedener Intensität, dann stellen sich die Keimlinge in die Ebene der mathematischen Resultante, die man nach dem Kräfteparallelogramm findet, ein, und auch hier überschreitet die mittlere Abweichung meistens nicht 1°. Und genau dasselbe gilt, wenn man drei oder sogar vier Flanken mit verschiedener Intensität reizt, es läßt sich die Lage der Krümmungsebene immer auf Grund des Kräfteparallelogramms genau berechnen. Damit hat sich das „Resultantengesetz", das *Buder* für die phototaktischen Reaktionen verschiedener Mikroorganismen nachgewiesen hat und das allem Anschein nach auch beim Phototropismus und Geotropismus weitgehende Gültigkeit besitzt, für den Haptotropismus ebenfalls bestätigt. Darnach darf man vermuten, daß dieses Gesetz in der Pflanzenphysiologie einen viel weiteren Umfang besitzt, als aus den bisherigen vereinzelten Daten hervorzugehen scheint.

Zur Biologie des Bakteriopurpurins und der Purpurbakterien (*J. Buder*, Jahrb. f. wiss. Bot. *58*, 1918). Die Arbeit von *Buder* gibt einen Überblick über eine Reihe von biologischen Problemen, die sich an das Verhalten der Purpurbakterien knüpfen. Im Vordergrund der Betrachtung stehen zwei Tatsachen: erstens, daß die Absorption des roten Farbstoffs der Purpurbakterien, des Bakteriopurpurins, zu der des Chlorophylls nahezu komplementär ist, zweitens, daß genau dieselben Strahlen, die von diesem Farbstoff absorbiert werden, auch die stärkste phototaktische Wirkung auf die Purpurbakterien ausüben, so daß die Ansammlungen der Bakterien im Spektrum genau den neun Absorptionsbändern des Bakteriopurpurins (sechs im sichtbaren Teil, drei im Infrarot) entsprechen. Die erste Erscheinung wird darauf zurückgeführt, daß die Purpurbakterien gerade diejenigen Strahlen für ihre photosynthetischen Vorgänge ausnützen, die von der im Wasser darüber gelagerten Schicht grüner Pflanzen (Algen, Wasserlinse) durchgelassen werden; die zweite Tatsache findet wohl ihre Erklärung darin, daß die Sensibilität der Purpurbakterien für das Licht verschiedener Wellenlänge so abgestimmt ist, daß für die phototaktische Ansammlung gerade jene Spektralbezirke in Betracht kommen, bei denen die Kohlensäureassimilation, die ja stets die Absorption des Lichts voraussetzt, ihr höchstes Ausmaß erreicht. Wir haben es also in beiden Fällen mit sehr bemerkenswerten Anpassungsvorgängen zu tun. Allerdings dürfte man nach Analogie mit den grünen Pflanzen auch bei den Purpurbakterien im Zusammenhang mit der Assimilation ein Freiwerden von Sauerstoff erwarten, was sich bisher in exakter Weise noch nicht nachweisen ließ. Das mag wohl darauf beruhen, daß bei dem an den Standorten der Purpurbakterien zweifellos herrschenden Sauerstoffmangel der Sauerstoff sofort wieder für die Atmung verbraucht und speziell bei der schwefelführenden Gruppe dieser Organismen (Thiorhodaceen, z. B. Thiospirillum, Chromatium) bei der Verbrennung des Schwefels aufgezehrt wird. Beachtung verdient, daß bei den Thiorhodaceen neben der Photosynthese eine ebenfalls auf Energiegewinn abzielende Chemosynthese einhergeht, für die der Schwefelwasserstoff die nötige Grundlage liefert.

Über die Kunst, das Leben der Pflanze zu verlängern (*H. Molisch*, Vortr. d. Ver. z. Verbreitg. naturw. Kenntn. in Wien *59*, 1918). Das vielerörterte Problem der Lebensverlängerung, das hinsichtlich des Menschen noch keine praktischen Resultate gezeitigt hat, hat auf botanischem Gebiet in den letzten Jahrzehnten manche Förderungen erfahren, und deshalb ist die populär gehaltene Zusammenfassung des Tatsächlichen von seiten *Molischs* durchaus zu begrüßen. Eine Verlängerung der normalen Lebensdauer kann bei pflanzlichen Objekten in verschiedener Weise erzielt werden. So können Samen — und auch Sporen —, die unter normalen Lebensbedingungen sofort keimen, durch Entzug irgendeines wichtigen Faktors (Sauerstoff, Wärme, Feuchtigkeit usw.) viele Jahre oder gar Jahrzehnte keimfähig gehalten werden (Samen von Mimosa 60 Jahre, Bakteriensporen über 90 Jahre). Allerdings ist es bloß ein latenter Lebenszustand, in dem sich die Objekte in dieser Zeit befinden, ein Scheintod gewissermaßen, aus dem sie indes jeden Augenblick aufgeweckt werden können. Ein zweiter Weg der Lebensverlängerung besteht in der Verhinderung des Blühens und Fruchtens bei solchen Pflanzen, die in ihrem Leben bloß einmal blühen und damit ihre Existenz abschließen. Agave americana, die „hundertjährige Aloe", braucht in ihrer mexikanischen Heimat 8 bis 10 Jahre bis zur Blühreife, in unserem ungünstigen Klima bedarf sie aber 5 und mehr Jahrzehnte, um die hierzu erforderlichen Stoffreserven anzusammeln, ihre Lebensdauer wird also um ein Vielfaches verlängert. In derselben Weise beruht die 2—3-jährige Dauer der als „Kronenbäumchen" gezogenen Reseda odorata, die normal einjährig ist, auf der Unterdrückung der Blütenbildung. Ferner kann man durch wiederholtes Scheren eine Rasenfläche mehrere Jahre grün halten, ohne zu säen. Die Blütenstände fallen nämlich diesem Eingriff zum Opfer und es tritt mehrjähriges Vegetieren ein. Daß durch späte Aussaat im Herbst eine einjährige Pflanze, weil sie ihren Lebenszyklus in dieser Saison nicht mehr vollenden kann, zweijährig wird, gehört ebenfalls hierher. Ein weiteres Mittel, die Lebensdauer zu steigern, besteht darin, daß man die Funktion eines Organs gewaltsam verlängert. So kann man Blattstiele von Begonia rex, die sonst mit der zugehörigen Spreite nach einem Jahre abzusterben

pflegen, vor dem Untergange bewahren, wenn man die Blätter als Setzlinge benützt. Aus der Blattspreite entwickeln sich dann Laubsprosse, der Blattstiel stellt die Verbindung mit der Erde her, bildet sich zum Stamme um und hält 2—3 Jahre aus. Ähnliche Erfahrungen hat man mit einer ganzen Reihe anderer Pflanzen gemacht, und es ist dabei zutage getreten, daß mit der veränderten Inanspruchnahme die Anatomie des Blattstieles weitgehend geändert wird. Vor allem erlangen die Wasserleitungsbahnen viel erheblichere Dimensionen. Auch die Existenz sonst vergänglicher Blütenstandsachsen kann man auf demselben Wege verlängern. Interessant ist, daß das Absterben mancher Blütenstände auch dadurch hinausgeschoben wird, daß sie bestimmten Gallticren zur Wohnung dienen. Dies gilt z. B. von den Kätzchen der Stieleiche, wenn sie von Gallwespen befallen sind. Schließlich sei noch erwähnt, daß auch durch Pfropfung eine oft recht weitgehende Lebensverlängerung erzielt werden kann. Dies ist sehr häufig beobachtet worden, wenn man eine kurzlebige Form auf eine langlebige aufsetzt. Dadurch wird das Reis vor dem frühzeitigen Untergang bewahrt. Die Pistazie (Pistacia vera) erreicht als Sämling ein Alter von höchstens 150 Jahren, auf P. Terebinthus aufgepfropft kann sie ein Alter von 200 Jahren erlangen. Auch das Umgekehrte — Verlängerung des Lebens der Unterlage durch das Reis — ist beobachtet. Sowohl die gärtnerische als auch die landwirtschaftliche Praxis hat aus dieser Methode der Lebensverlängerung Nutzen gezogen.

Über die minimale Belichtungszeit, welche die Keimung der Samen von Lythrum Salicaria auslöst (*Lehmann*, Ber. d. deutsch. bot. Ges. *36*, 1918). Für zahlreiche Samen — die sogenannten Lichtkeimer — ist es charakteristisch, daß sie nur unter dem Einfluß des Lichts zu keimen vermögen. Indes ist schon länger bekannt, daß das Licht nicht dauernd einzuwirken braucht. So fand *Raciborski*, daß eine vorhergehende einstündige Belichtung genügt, um nachträglich im Dunkeln Takaksamen zum Keimen zu veranlassen. *Ottenwälder* stellte dann fest, daß die Belichtungsdauer, welche zur Auslösung der Keimung unbedingt erforderlich ist, von der Lichtintensität abhängt; je schwächer das Licht ist, desto länger muß es wirken, damit ein Erfolg zutage tritt (Weidenröschen, Epilobium hirsutum). Über neuere Erfahrungen, die sich auf den Weiderich (Lythrum) beziehen, berichtet nun *E. Lehmann*. Bemerkenswert ist hier vor allem die hohe Lichtempfindlichkeit des Objekts. So ergab sich, „daß bei 30° Keimbettemperatur die minimale Belichtungszeit so überraschend gering wird, daß noch $^1/_{10}$ Sekunde Belichtung mit 730 HK. innerhalb 24 Stunden zu ca. 50 % Keimung führt". Geht man mit der Kerzenzahl herab, dann ist allerdings, ganz im Einklang mit den Angaben *Ottenwälders*, eine längere Belichtungsdauer erforderlich. Doch auch bei 2 Hefnerkerzen genügt schon 1 Sekunde Belichtung, um eine deutliche, wenn auch geringe Keimbeschleunigung hervorzurufen. Ginge man auf der anderen Seite mit der Intensität noch über 730 HK. hinaus, dann würde der Wert von $^1/_{10}$ Sekunde wahrscheinlich noch überboten. All diese Verhältnisse erinnern stark an die phototropischen Krümmungen der höheren Pflanzen; hier ist es schon geglückt, mit Belichtungen von $^1/_{1000}$ Sekunde sichere Reaktionen auszulösen. Es wäre sehr interessant, festzustellen, ob auch bei der Lichtkeimung wie beim Phototropismus das sogenannte Reizmengengesetz (Produktengesetz) gilt, welches besagt, daß für den Erfolg das Produkt aus Lichtintensität × Zeit (= Reizmenge) maßgebend ist. Sowohl die Versuche *Ottenwälders* als auch diejenigen *Lehmanns* scheinen nach dieser Richtung hinzuweisen.

Über das Sichtbarwerden der Mendelschen Spaltung im Pollen von Oenotherabastarden (*O. Renner*, Ber. d. deutsch. bot. Ges. *37*, 1919). Nach der Mendelschen Theorie erfolgt bei den Bastarden bei der Bildung der Sexualzellen eine Aufteilung der väterlichen und mütterlichen Chromosomen derart, daß jede Sexualzelle nur noch einen kompleten Chromosomensatz aufweist. Handelt es sich um eine Kreuzung zwischen zwei Arten, die sich bloß durch ein Merkmal unterscheiden, dann müssen also zwei verschiedene Sorten von Ei- bzw. Samenzellen entstehen, von denen die eine das väterliche, die andere das mütterliche Merkmal besitzt. Liegen nun Merkmale vor, die sich auf die Pollenform selbst — also die männlichen Sexualzellen — beziehen, dann darf man schon bei der F_1-Pflanze (erste Bastardgeneration!) ein Aufspalten in zwei Pollensorten erwarten. Diese Bedingung ist tatsächlich bei verschiedenen Oenotherakreuzungen erfüllt. So sind die Pollenkörner der gewöhnlichen diploiden Oenotherarassen dreilappig, die der tetraploiden gigas-Form von O. Lamarckiana vierlappig. Bei der Kreuzung der gewöhnlichen Formen mit der gigas-Mutante erhält man tatsächlich nebeneinander 3- und 4-lappige Pollenkörner. Weniger prägnant sind die Unterschiede des Pollens bei anderen Oenotherakreuzungen. So unterscheidet sich der Pollen bei O. Lamarckiana und O. muricata bloß durch die Größe und die Gestalt der Stärke, O. Lamarckiana besitzt große Pollenkörner mit spindelförmiger, O. muricata kleine Pollenkörner mit runder Stärke. Kreuzt man beide Arten, dann erhält man zwei Pollentypen, große und kleine, die eine zweigipflige Variabilitätskurve bilden; die Kurven gehen also ineinander über, aber auch die an der Grenze liegenden Pollenkörner lassen sich der Form der Stärke entsprechend mit Sicherheit dem einen der beiden Ausgangstypen zuordnen. Der Pollen von O. Lamarckiana und O. muricata unterscheidet sich aber noch durch eine weitere Eigenschaft. Der Lamarckianapollen keimt rascher und eilt dem Muricatapollen in der Entwicklung voraus. Auf diese Weise kommt es zustande, daß bei der Kreuzung des Bastards O. Lamarckiana × muricata mit einer dritten Form, etwa O. bienis, die beiden zu erwartenden Formen, O. muricata × bienis und Lamarckiana × bienis nicht in gleicher Menge auftreten, wie es die Theorie erfordern würde, sondern daß ein ± großer Überschuß an Lamarckiana- × bienis-Formen auftritt. Man kann tatsächlich unter dem Mikroskop das Vorauseilen der Lamarckianapollenkörner mit ihrer spindelförmigen Stärke deutlich beobachten. In anderen O.-Kreuzungen ist die Zweiförmigkeit des Pollens nicht durch morphologische Charaktere zu erweisen, sondern nur noch aus der verschiedenen Keimungsgeschwindigkeit der Pollenkörner (bis zu völliger Keimungsunfähigkeit) zu erschließen. Auf diese Weise wird dann verständlich, wenn sich viele dieser Kreuzungen nicht mehr dem Mendelschen Zahlenschema fügen.

Zur Physiologie und Biologie der Exkrete. (*Stahl*, Flora *13*, 1919.) Die umfangreiche Arbeit von *Stahl* enthält eine Menge von feinsinnigen Beobachtungen, welche die Biologie der pflanzlichen Exkrete von den verschiedensten Seiten beleuchten. In erster Linie stehen wohl die Sekretionsorgane (Wasserdrüsen, Wasserspalten, extraflorale Nektarien) im Dienste

der „Absalzung", durch die eine schädliche Anhäufung überflüssiger Stoffwechselprodukte vermieden werden soll. Bei manchen Gewächsen freilich erfolgt die Ausscheidung dieser Stoffe aus dem Stoffwechsel derart, daß sie als Kristalle im Innern von Zellen oder in Interzellularräumen niedergeschlagen werden (kohlensaurer und oxalsaurer Kalk usw.). Es ist nun sehr charakteristisch, daß gerade solche Arten, denen das Vermögen einer solchen inneren Abscheidung (Sekretion) fehlt, über die Fähigkeit verfügen, selbständig Exkrete nach außen abzugeben. Experimentell läßt sich feststellen, daß diese Pflanzen, wenn sie an der normalen Exkretion verhindert werden, starke Schädigung erleiden und mitunter absterben (Erdbeere). Der Salzgehalt der ausgeschiedenen Flüssigkeit beträgt bis 0,5 %, anscheinend ein geringer Wert, bei dem aber zu berücksichtigen ist, daß die Exkretion ständig stattfindet. So wird es verständlich, daß der Aschengehalt exzernierender Pflanzen gewöhnlich kleiner ist als der nichtexzernierender Arten. Welche Ausmaße die Exkretion tatsächlich erreichen kann, läßt sich bei den Gewächsen sehr schön erkennen, bei denen sich das Exkret an der Oberfläche als Salzkruste niederschlägt (Salz- und Steppenpflanzen). Solche Krusten, besonders aus Kieselsäure, stellen dann nebenbei oft einen sehr wirksamen Schutz gegen Tierfraß dar (Gräser, Seggen, Schachtelhalme). So wird es begreiflich, daß gerade bei den Exkretpflanzen andere Schutzmittel gegen Feinde (Dorne, Stacheln usw.) meist fehlen. Das Vermögen sehr reichlicher Absalzung setzt die Exkretpflanzen instand, ständig einen reichen Nährsalzstrom in ihrem Innern zu unterhalten, und das äußert sich darin, daß sie hinsichtlich ihres vegetativen Gedeihens und ihrer Blütenproduktion nichtexzernierende Formen häufig übertreffen.

Zur Ernährungsphysiologie der Eisenbakterien. (*Lieske*, Zentralbl. f. Bakt. 2. Abt., *49*, 1919.) Die Eisenbakterien stellen eine interessante Gruppe der Bakterien dar, die in bezug auf ihre Stoffwechselvorgänge noch keineswegs geklärt ist. 1888 stellte *Winogradsky* die Theorie auf, daß diese eisenspeichernden Organismen durch Oxydation von Eisenoxydul zu Eisenoxyd die Energie für ihre Stoffwechselvorgänge gewinnen analog der Oxydation des Schwefels bei den Schwefelbakterien. Gegen diese Deutung hat sich *Molisch* gewandt, der in den Eisenbakterien heterotrophe Organismen erblickt, die organische Substanz zu ihrem Gedeihen bedürfen, und die nur nebenbei das Eisen speichern, ohne daraus irgendwelchen Nutzen zu ziehen. *Lieske*, dem schon früher die anorganische Kultur des Eisenbakteriums Spirophyllum geglückt ist, unterzieht die von *Molisch* vorgebrachten Argumente einer eingehenden Analyse und gelangt zu einem durchaus ablehnenden Urteil. Daß die Eisenbakterien unter bestimmten Umständen organische Stoffe verwerten können, beweist nichts, denn es sind ja viele Fälle bekannt, wo Organismen je nachdem von anorganischen oder organischen Stoffen, das heißt bald autotroph, bald heterotroph leben. *Lieske* führt eine Reihe neuerer Experimente an, die für *Winogradsky* sprechen und die mit Leptothrix ochracea, einem der verbreitetsten Eisenbakterien, angestellt wurden. Es gelang, den Organismus sowohl auf organischen als auch auf anorganischen Nährböden zu kultivieren und den fördernden Einfluß von Eisen und Mangan auf das Gedeihen der Bakterien einwandfrei darzutun. Von Bedeutung ist, daß sich diese Förderung des Wachstums durch Zusatz von Eisen und Mangan um so stärker bemerkbar macht, je ärmer das Nährmedium an organischen Stoffen ist. Dies in Verbindung mit der Tatsache, daß organische Substanz vollständig entbehrt werden kann, deutet doch entschieden darauf hin, daß die Deutung von *Winogradsky* zu Recht besteht.

Über die Abhängigkeit der phototropen Erscheinungen von der Größe der beleuchteten Fläche. (*v. Guttenberg*, Ber. d. d. bot. Ges. *37*, 1919.) Die Frage, welchen Einfluß die Größe der beleuchteten Fläche auf die phototropischen Krümmungen pflanzlicher Organe hat, ist bis jetzt noch nicht näher untersucht worden. Auf Grund des sog. Reizmengengesetzes, welches besagt, daß der Eintritt einer phototropischen Reaktion von der Einwirkung einer ganz bestimmten, quantitativ zu ermittelnden Reizmenge abhängig ist, konnte man freilich erwarten, daß es nicht gleichgültig ist, ob man ein größeres oder kleineres Flächenelement des zu reizenden Organs einseitig belichtet. Je größer die Fläche, desto kleiner braucht — so darf man vermuten — die pro Flächeneinheit wirkende Lichtmenge sein. Neue Versuche von *H. v. Guttenberg* haben diese Annahme bestätigt. Er belichtete Keimlinge von Avena zum Teil total, zum Teil durch eine vorgeschaltete Blende derart, daß nur ein schmaler Längsstreif von den Strahlen getroffen wurde. Es zeigte sich, daß man bei bloß hälftig belichteten Keimlingen die doppelte Lichtmenge anwenden muß, die ausreicht, um bei total belichteten Pflanzen eine Krümmung zu erzielen. Stellt man die Versuchsobjekte in der Mitte zwischen 2 gleichstarken Lichtquellen auf, verdunkelt aber die der einen Lichtquelle zugekehrten Flanken hälftig, dann findet, wenn die beiden Lichtquellen gleich lange wirken, eine Krümmung im Sinne der freien Flanke statt. Jedoch gelingt es, diese Reaktion zu unterdrücken, sofern man die Belichtung auf der Seite der halbverdeckten Flanken entsprechend verlängert. Diese Versuche zeigen, daß der Reizerfolg tatsächlich — im Einklang mit dem Reizmengengesetz — mit der Größe der gereizten Fläche anwächst. *Peter Stark.*

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Selbstentzündung der Kohlen. Von den Vorgängen der Kohlenverwitterung sind nicht sehr verschieden die Vorgänge bei der Selbstentzündung der Kohlen. In beiden Fällen handelt es sich um Sauerstoffabsorption und Oxydation. Verlaufen diese beiden Erscheinungen sehr rasch, so tritt eine beträchtliche Temperaturerhöhung und damit schließlich eine Selbstentzündung der Kohle ein. Vielfach wird die *Ursache* der Selbstentzündung der Kohle auf eine Beimengung von Schwefelkies zurückgeführt. Die Oxydation eines Schwefelkieses ist von Wärmeentwicklung begleitet. So haben *W. Parr* und *W. Kreßmann* durch Versuche festgestellt, daß trockene und nasse Kohle mit etwa 1,7 % Schwefelkiesgehalt sich um etwa 45 ° von selbst zu erwärmen vermag, während dieselbe Kohle mit 3 % Schwefelkies im trockenen Zustande eine Temperaturerhöhung um 68 ° C., im nassen Zustande sogar um 114 ° C. erleidet.

Da die am meisten zur Selbstentzündung neigenden Kohlen aber nicht immer die schwefelkiesreichsten sind, so ist die Selbstentzündung der Kohle im allgemeinen auf andere Ursachen zurückzuführen, und zwar vor allem auf die Folgen der Sauerstoffabsorp-

tion. So hat bereits *Saussure* darauf hingewiesen, daß feingepulverte Holzkohle das Neunfache ihres Volumens an Sauerstoff absorbiert. Hierbei erhitzt sie sich bis zur Entzündung (400—600 °). Nach *Richters* vermag Steinkohle in drei Tagen das Dreifache ihres Volumens an Sauerstoff zu absorbieren und sich hierbei auf nahezu 100 ° zu erwärmen.

Mit steigender Temperatur nimmt aber die Aufnahmefähigkeit für Sauerstoff und damit die Intensität der Oxydation zu. Hierbei wird gleichzeitig immer wieder neue Wärme entwickelt. Diese Vorgänge können schließlich zur Entzündung der Kohle führen.

Die Neigung vieler Steinkohlen zur Selbstentzündung wird neuerdings auch auf die *Gegenwart gewisser ungesättigter Kohlenstoffverbindungen* zurückgeführt, welche als ungesättigte Verbindungen besonders begierig Sauerstoff aufnehmen. Das Vorhandensein solcher ungesättigter Kohlenstoffverbindungen in der Kohle kann man durch eine Bromprobe nachweisen. Für eine solche Ursache der Selbstentzündung spricht, daß Fälle von Selbstentzündung bisher nur bei Steinkohle und Braunkohle, aber noch nie bei Anthrazit und Koks beobachtet worden sind. Da in Anthrazit und Koks flüchtige und leicht angreifbare Bestandteile fehlen, so vermag der Sauerstoff erst bei sehr hoher Temperatur oxydierend auf Anthrazit und Koks einzuwirken. Dementsprechend bleibt Koks und Anthrazit bei langer Lagerung im allgemeinen chemisch unverändert. Für eine Erklärung des Fehlens von Selbstentzündung bei Koks und Anthrazit kann auch noch der Umstand in Frage kommen, daß beide Kohlensorten gute Wärmeleiter sind.

Beobachtungen haben ferner gezeigt, daß im allgemeinen die selbstentzündlichen Kohlen *auffallend niedrige Gehalte an Wasserstoff* und *hohe Gehalte an Sauerstoff* haben. Ferner hat sich ergeben, daß bei leicht entzündlichen Kohlen der *Wassergehalt* ziemlich *hoch* ist. Auch Kohlen, welche dazu neigen, unter der Einwirkung feuchter Luft *Humussäuren* zu bilden, sollen leicht selbstentzündlich sein.

Zur Selbstentzündung der Kohlen kann außer Sauerstoffabsorption nach *Hinrichsen* und *Taczak* noch folgendes führen:

1. Die Wirkung von *Fermenten.* Nach Untersuchungen von *Galle* können auf Kohle Bakterien leben, welche brennbare Gasgemische mit 71,5 bis 84,8 % Methan und 5,4 bis 27,3 % Kohlensäure erzeugen. Versuche ergaben, daß bei Gegenwart dieser Gase die Entzündung der Kohle leichter und früher eintrat als bei Abwesenheit dieser Gase. Immerhin genügte die Anwesenheit dieser Gase nicht, um allein *ohne* eine anderweitige Wärmequelle die Entzündung herbeizuführen.

2. Die *Erhöhung der Außentemperatur.* Rein zufällig vorhandene äußere Wärmequellen wie Dampfkessel, Heizröhren, intensive Sonnenbestrahlung usw. sind in Verbindung mit anderen Ursachen schon häufig die unmittelbare Veranlassung von Kohlenbränden gewesen.

Versuche haben ergeben, daß häufig auch *geringe* Mengen von *Feuchtigkeit* die Neigung der Kohle zur Selbstentzündung begünstigen. Es ist dies wohl auf den Schwefelkiesgehalt der Kohlen zurückzuführen. Durch eine *große* Menge von Feuchtigkeit wird dagegen die Gefahr der Selbstentzündung stets *vermindert.* Es ist letzteres darauf zurückzuführen, daß durch Wasser die Poren der Kohle äußerlich verschlossen werden. Dem Luftsauerstoff ist hierdurch der Zutritt zur Kohle erschwert. Die *Korngröße* der Kohle und die Art der Stapelung können die Selbstentzündung wesentlich beeinflussen. Man hat beobachtet, daß die Gefahr der Selbstentzündung mit der Feinheit der Kohle wächst. Je größer die Oberfläche im Verhältnis zur Menge, je mehr Grus also vorhanden ist, desto leichter tritt Selbstentzündung ein.

Was die *Art der Stapelung* anbelangt, so ist hervorzuheben, daß Selbstentzündung in der Regel um so leichter eintritt, je größer das Kohlenlager ist. Zur Verhütung von Kohlenbränden[1]) hat man bei großen Lagern häufig angeordnet, in den Halden Kanäle oder Lutten anzulegen. Diese Kanäle sollen wärmezerstreuend wirken. Es können diese Luftschächte aber auch die entgegengesetzte Wirkung haben. Sie können eine Anreicherung von Sauerstoff und damit eine stärkere Oxydation und Erwärmung hervorrufen.

Selbstentzündung von Kohle tritt nicht nur in Grubenbauen und Kohlenlagern bisweilen auf, sondern auch auf *Halden,* wo taubes Gesteinsmaterial mit kohlehaltigem Gesteinsmaterial als Abraum aufgeschüttet ist. Die schlechte Wärmeleitung des auf den Halden aufgeschütteten tauben Gesteines verhindert hierbei die Abgabe der Wärme, welche sich bei der Oxydation der Kohle bildet. Hierdurch erhöht sich die Temperatur der Halde immer mehr. Es kann dies schließlich zur Selbstentzündung der Kohle führen. Die Anlage von Halden muß einer Brandgefahr wegen daher stets dort erfolgen, wo ein etwaiger Haldenbrand die geringsten Störungen verursacht.

Haldenbrände sind meist nur schwer zu löschen. Durch Rauch und Qualm wirken Haldenbrände sehr störend. Im Innern der Halden sammeln sich bei solchen Bränden mitunter auch Gase an, welche sich bisweilen entzünden. Es erfolgt dann eine Explosion, bei welcher oft Gesteinstücke emporgeschleudert werden. Das Volumen der Halde wird durch einen Brand verringert. Es ist dieses letztere die einzige angenehme Begleiterscheinung der Haldenbrände.

Bekannt ist, daß abgesehen von Kohle sich auch *andere organische Substanzen* öfter von selbst entzünden. Da die hierbei sich abspielenden Vorgänge ähnlich der Selbstentzündung der Kohle sind, so sei auf sie kurz eingegangen.

Selbstentzündung wird häufig beim Heu beobachtet. In großen Heuhaufen tritt oft eine von Landwirten meist sogar erwünschte Gärung ein, die zur Wasserdampfbildung und zum Auftreten von Geruch Veranlassung gibt. Das Vieh frißt ein derartiges Material außerordentlich gern. Eine gewisse Temperatur darf im Innern des Haufens nicht überschritten werden, weil sonst die Nährstoffe in ihrem Werte leiden. Steigt die Temperatur weiter, dann entwickeln sich reichlicher Wasserdämpfe, der Geruch wird stärker, der Haufen ändert seine Gestalt und sinkt allmählich zusammen bis auf die Hälfte, ja bis auf ein Viertel seiner

[1]) Ein wirksames Mittel zur Verhütung von Kohlenbränden ist regelmäßiges Beobachten der Temperaturverhältnisse im Innern der Halden mittels in Röhren eingelassener Thermometer. Bei Temperatursteigerungen über 60 ° soll man den Kohlenhaufen auseinanderwerfen und gut durchlüften evtl. berieseln. Auch baut man ins Innere der Kohlenhalden oft Stahlflaschen ein, die mit flüssiger Kohlensäure gefüllt sind und die ein Ventil aus einer bei etwa 70 ° schmelzenden Legierung besitzen. Tritt starke Erwärmung in der Kohlenhalde auf, so wird durch die aus der Stahlflasche ausströmende Kohlensäure ein schon entstandener Brand erstickt und gleichzeitig die Temperatur stark erniedrigt.

ursprünglichen Höhe. Dieser Vorgang kann ohne Feuererscheinung verlaufen, wenn nach beendeter Reaktion Abkühlung eintritt. Ist letztere vollständig eingetreten, dann findet man in dem Haufen alle Übergänge von der unveränderten Pflanzensubstanz außen bis zur verkohlten Substanz im Innern. In der Absicht, den Ausbruch eines Feuers zu vermeiden, hat man zuweilen solche stark dampfenden Haufen auseinandergerissen. Hierdurch wurde aber das gerade Gegenteil erreicht, denn die hinzutretende Luft setzte das Material in Flammen.

Seltener als bei Heu sind die Fälle von Selbsterwärmung und Selbstentzündung bei Getreide, Mehl und Kleie, häufiger bei ölhaltigen Stoffen.

Miehe denkt sich diesen Vorgang der Selbsterhitzung von Heu in etwa folgender Weise: Durch Temperaturerhöhung infolge Oxydation findet eine trokkene Destillation des Heues statt. Hierdurch wird die Masse des Heues immer kohlenstoffreicher. Da jede Zelle in der entstehenden Kohle erhalten bleibt, so ist das Ganze fein porös. Der Sauerstoff verdichtet sich auf der porösen Substanz (Katalysator) und erhält dadurch die Fähigkeit, möglichst starke Oxydationen auszuführen. Hierdurch wird eine weitere Destillation und schließlich auch Selbstentzündung hervorgerufen[1]).

O. Stutzer.

Das Klima der Polargebiete. Die an der Universität Berlin bestehende Einrichtung der Gastvorlesungen auswärtiger Gelehrter wurde in diesem Semester am 1. Dezember 1919 eröffnet durch einen Vortrag von Professor *Otto Nordenskjöld* aus Göteborg über *„Polarklima und Polarnatur“*. Die landläufige Vorstellung, daß die Polarnatur ziemlich einförmig sei, ist nicht richtig. Man trifft hier sogar bisweilen auf sehr engem Raume erhebliche Gegensätze. Ein besonders typisches Beispiel dafür bietet die mittlere Westküste Grönlands in etwa 67° Nord. Das Innere des Landes ist völlig von der fürchterlichen Eiswüste des Inlandeises eingenommen, während an der Küste eine öde Felslandschaft mit arktischem rauhen Seeklima, Nebel und dem entsprechender karger Vegetation vorhanden ist, die nur in den Tälern stellenweise einige Üppigkeit aufweist. Zwischen beiden Gebieten aber findet sich eine trockene, im Sommer ziemlich warme Landschaft mit weiten offenen Kräutersteppen, ein Hügelland mit Flüssen, zum Teil salzigen Seen und verhältnismäßig reichem Tierleben. Diese verschiedenen Landesnaturen sind auf den engen Raum von etwa 100 km Ausdehnung zusammengedrängt.

Ganz andere Verhältnisse finden wir im Südpolargebiet, das fast völlig vom Inlandeise beherrscht wird. Doch kommt hier auch noch die Form des Schelfeises vor, eine Eisform, die wahrscheinlich durch Schneeanhäufung im Meeresniveau entsteht. Eisfreies Land findet sich dort nur in sehr geringer Ausdehnung, meist in Form der Steinwüste, selten als tonige Fließerde. Der Pflanzenwuchs ist minimal und beschränkt sich auf wenige Kryptogamen, wie Flechten, Algen usw.

Ihre Erklärung finden solche eigenartigen Naturverhältnisse in erster Linie durch das Klima, mit dem die Eisverhältnisse in engem Zusammenhange stehen, und von dem die Pflanzenwelt abhängig ist. Erst in zweiter Linie kommen geologischer Aufbau und Oberflächenformen in Frage sowie das Auftreten der Tiere und des Menschen. Beim Polarklima kommt nicht nur der Einfluß der Breitenlage und des Meeres in Betracht, sondern die klimatischen Einflüsse werden noch vermehrt durch das in gewaltigem Ausmaß auftretende Landeis und Meereis.

Ein hervorstechender Typus des nordpolaren Randklimas wird durch die Station Upernivik an der grönländischen Westküste (72° 47′ Nord) verkörpert. Die Julitemperatur ist hier etwa 5 °, das Februarmittel beträgt etwa — 23°, in beiden Fällen kühl, aber nicht besonders kalt; die Jahresschwankung erreicht 28 °. Tatsächlich ist dies Klima trotz der Nähe des großen Eises ziemlich rein polar-maritim und ganz überwiegend von dem Einfluß des Meeres bedingt, das trotz seiner Eisbedeckung die Wintertemperatur mildert, die Sommertemperatur dagegen ganz bedeutend senkt. Zu demselben Typus gehört auch das Klima auf der Ostseite von Grönland sowie auf Spitzbergen, überhaupt an den nordatlantischen Polarküsten.

Einen anderen Typus finden wir an der Südspitze Grönlands (60° Nord, Breite von Kristiania), nämlich eine Julitemperatur von 3 ° bis 5°, eine Januartemperatur von — 6° bis 7°. Im Sommer wirken die Treibeismassen des Meeres abkühlend, im Winter bedingt die Nähe fast eisfreier Meeresgebiete eine relativ hohe Temperatur.

Das reine Seeklima der Arktis wird dargestellt durch den Eismeertypus, der uns vor allem durch die Polarfahrt von *Fridtjof Nansen* bekannt geworden ist. Dieser traf hier auf dem inneren Nordpolarbecken für die Jahre 1894—96 als Durchschnittstemperatur der drei Sommermonate — 1,2 ° (Juli 0,1 °), für die Wintermonate — 34,7°. Viel weniger bekannt ist leider das Klima auf dem Landeise, obschon wenige Probleme der physikalisch-geographischen Forschung wichtiger sind als dieses. Als kälteste Beobachtungsstation in den Polargebieten überhaupt ist bis jetzt *Amundsens* Überwinterungsplatz Framheim in 78° 38′ mit mittleren Monatstemperaturen von — 6,7° (Dezember) und — 44,8° (August) bekannt geworden[1]), während die größte „Winterstrenge“ von *Douglas Mawson* unter dem Südpolarkreise angetroffen wurde, wo eine mittlere Jahrestemperatur von — 17,8° mit einer mittleren Windgeschwindigkeit von 22 m/s verbunden war, die zeitweilig sogar auf 90 m/s anstieg[2]). Diesen Klimatypus, der die Polarnatur in ihrer größten Schroffheit erkennen und wegen des außerordentlich kalten Sommers keinerlei Vegetation aufkommen läßt, bezeichnete der Vortragende als den glazialen. In der Arktis ist er uns nur aus dem grönländischen Inlandeisgebiet bekannt.

Es entsteht nun die Frage, ob überhaupt irgendwo ein echt polares Landklima vorkommt. Ein derartiges Gebiet fand der Vortragende im Sommer 1909 im

---

[1]) *Literatur: O. Stutzer, Allgemeine Kohlengeologie,* Berlin 1914 (Verlag Gebrüder Borntträger).

Hinrichsen und *Taczak,* Die Chemie der Kohle. Leipzig 1916. Nach diesem letzteren Werke sind die im genannten Buche des Verfassers gemachten Ausführungen über Selbstentzündung der Kohle im Manuskript umgearbeitet und erweitert worden. Eine gekürzte Wiedergabe ist vorstehende Mitteilung.

[1]) *Henrik Mohn,* Klima von Framheim. Von *Otto Baschin.* Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, 1916, S. 553—558.

[2]) Die australische Südpolarexpedition 1911 bis 1914. Von Otto *Baschin.* Ebenda 1918, S. 303 bis 316.

Innern des breiten eisfreien Küstenstreifens Westgrönlands zwischen 64° und 69° Nord. Trotz des mangelhaften bisher vorliegenden Beobachtungsmaterials gelang es doch festzustellen, daß die Julitemperatur am Polarkreise im Binnenlande, etwa 120 bis 140 km von dem äußeren Meeresrande, aber in der Nähe des Binneneises, ganz abnorm warm ist und wahrscheinlich zwischen 12° und 15° liegt. Die Windrichtung ist, wie zu erwarten, überwiegend kontinental, im Sommer herrscht aber häufig Windstille mit heiterer Luft. Dabei ist das Klima sehr trocken, und die Schneemenge ist offenbar auch im Winter gering; über die Wintertemperatur ist aber noch nichts bekannt.

Ein derartiges Klima war bis jetzt aus den eigentlichen Polargebieten nicht bekannt. Der Typus ist jedenfalls scheinbar rein kontinental, ohne merkbare Einwirkung vom Eise oder vom Meere.

Die Bedeutung dieses merkwürdigen Klimatypus liegt darin, daß er uns gestattet, Schlüsse zu ziehen auf die klimatischen Verhältnisse in Norddeutschland am Ende der Eiszeit. Während nämlich sonst alle polaren Inlandeismassen am Meere enden, liegt hier der Eisrand ziemlich weit vom Meere entfernt. Die Folge ist ein warmes, trockenes kontinentales Sommerklima, nahe am Rande des ewigen Eises[1]).

Entsprechend diesen Verschiedenheiten des Klimas zeigen auch die Eisverhältnisse, die Vegetation und das Tierleben in den einzelnen Teilen der Polarregionen sehr große Gegensätze, wie der Vortragende im einzelnen näher darlegte. Seine interessanten Ausführungen gipfelten in einer Anwendung dieser verschiedenen Gesichtspunkte auf die Einteilung der Polarländer in eine Anzahl von natürlichen Regionen:

1. Südpolarregion;
2. arktische Übergangszone, in welcher die Mitteltemperatur des wärmsten Monats nicht unter 5° sinkt;
3. innere Nordpolargebiete, in denen dieses Monatsmittel zwischen 5° und 1° liegt. Es zerfällt in vier Provinzen:
   a) Grönland, das Land der großen Gegensätze.
   b) Der nordamerikanische arktische Archipel. Die Eisbedeckung ist geringer, das Klima mehr kontinental.
   c) Die Inseln im arktischen Teile des Atlantischen Ozeans mit maritimem Klima.
   d) Die Neusibirischen Inseln.

Der Vortrag schloß mit einem Hinweis auf die zahlreichen und wichtigen Aufgaben, die der geographischen, insbesondere der klimatologischen Forschung in den Polargebieten noch zu lösen bleiben.

O. B.

Die englische Flugzeugexpedition zum Südpol. Über den Plan einer großzügigen Südpolarexpedition seitens des Engländers *J. Lachlan Cope*, der bereits in dieser Zeitschrift (1919, Jahrgang 7, Seite 720) kurz erwähnt wurde, sind jetzt nähere Einzelheiten bekannt geworden. *Cope* hatte als Arzt und Biologe an jener Expedition nach Süd-Viktoria-Land teilgenommen, die am Ufer der Roßsee die Ankunft von *Shackleton* erwartete, der 1914—1916 von der Weddellsee aus über den Südpol dorthin gelangen und so die erste Durchquerung des antarktischen Kontinentes ausführen wollte, ein Vorhaben, das bekanntlich völlig mißlungen ist. Das schon auf früheren Südpolarexpeditionen zur Verwendung gelangte Dampfschiff „Terra Nova" soll im Oktober 1920 von Wellington auf Neuseeland über die Macquarie-Insel die Reise in das Roßmeer antreten. Das Hauptquartier wird in der Ostküste des Süd-Viktoria-Landes in etwa 77½ ° südlicher Breite bei der Einmündung des Dry Valley in die New Harbour-Bucht eingerichtet. Es ist durch den McMurdo-Sund getrennt von der gerade gegenüberliegenden, an der Westküste der Roßinsel bei Kap Royds angelegten Station, die *Shackleton* 1908—1909 als Stützpunkt diente. Drei Nebenstationen, mit je drei Mann besetzt, werden teils die Arbeiten der Hauptstation ergänzen, teils besonderen Forschungen obliegen. Zuerst wird die kleine, nördlich der Roßsee in etwa 67 ° südlicher Breite gelegene Scottinsel als Hilfsstation eingerichtet. Nach Errichtung des Hauptquartiers gedenkt man 6 Mann zu Schiff nach Kap Crozier, der Ostspitze der Roßinsel zu senden, wo die eine Hälfte verbleiben soll, während die andere auf dem Roß-Barriere-Eise so weit als möglich nach Süden vordringen und in einer transportablen Hütte dort überwintern soll, was ein ziemlich gewagtes Unternehmen bedeutet. Hat das Schiff diese Aufgaben erfüllt, so geht es nach der Walfischbucht am Nordrande des Roß-Barriere-Eises, dem Überwinterungsplatze *Amundsens*, von dem aus derselbe im Jahre 1911 seine Reise nach dem Südpol antrat. Von dem gleichen Ausgangspunkte soll nun auch diesmal der Vorstoß nach dem Südpol erfolgen, aber anstatt der Hundeschlitten will *Cope* sich des moderneren Verkehrsmittels, des Flugzeuges, bedienen, nachdem er ein Depot von Lebensmitteln und Betriebsstoff auf dem südlichsten Teile des Roß-Barriere-Eises angelegt hat. *Cope* hofft, diesen Flug noch im Dezember 1920 vollenden zu können und durch Ausnutzung der großen Aussichtsweite vom Flugzeug wichtige Aufschlüsse über die Oberflächengestaltung des zentralen antarktischen Hochplateaus zu gewinnen. Anfang 1921 soll das Schiff nach Neuseeland zurückkehren, sich für eine vierjährige Reise ausrüsten, die Besatzungen der drei Hilfsstationen abholen und zum Hauptquartier bringen. Dieses setzt seine Tätigkeit weiter fort, während das Schiff eine Umsegelung des gesamten antarktischen Kontinentes in der Richtung von Ost nach West unternimmt. Im Februar 1921 hofft man bei Enderbyland, im Süden des Indischen Ozeans, einzutreffen und dort dann den Winter zubringen zu können. Februar 1923 Coatsland, im Süden des Atlantischen Ozeans, anzulaufen und dann bei den Falklandsinseln zu überwintern. Im folgenden Sommer geht die Fahrt weiter längs der Küste von Grahamland in der Richtung auf König-Eduard-VII.-Land und dann an der Küste des Roß-Barriere-Eises entlang wieder nach New Harbour, wo die Besatzung des Hauptquartiers an Bord genommen und die Rückfahrt nach Neuseeland angetreten wird. Auch auf dieser langen Fahrt soll das Flugzeug so häufig wie möglich unter ausgiebiger Anwendung photographischer Methoden zur Küstenvermessung und zur Erforschung des Inneren benutzt werden. Eine wichtige Neuerung im Betrieb des Expeditionsschiffes ist die Verwendung von Heizöl statt Kohle. 300 t Kerosen sollen genügen, um die Schiffsmaschinen sowie die Dynamomaschinen für Lichterzeugung und Funkentelegraphie selbst bei Temperaturen von — 40 ° in Gang zu halten. Ganz besondere Vorteile bietet die funkentelegraphische Einrichtung für den Empfang

[1]) Studien über das Klima am Rande jetziger und ehemaliger Inlandseisgebiete. *Otto Nordenskiöld*. Bull. of the Geol. Instit. of Upsala, Upsala 1916, Vol. XV, S. 35—46. Mit 2 Abbildungen.

von Zeitsignalen, so daß hier zum ersten Male die Möglichkeit von genauen astronomischen Längenbestimmungen im gesamten südlichen Zirkumpolargebiet gegeben ist. *O. B.*

Theorie der Deformation der Erde durch Flutkräfte (*W. Schweydar, Veröffentlichung des preuß. geod. Inst.*, Neue Folge, Nr. 66). A. Bestimmung der Deformation der Erde durch Flutkräfte, unter Berücksichtigung einer kontinuierlichen Starrheits- und Dichtezunahme im Innern. Nachdem der Verfasser in einer früheren Arbeit die Starrheitsverhältnisse der Erde unter den Voraussetzungen der Wiechertschen Hypothese über die Dichte bestimmt hat, wobei sich für die Starrheit von Erdkern und Rinde die Werte $19{,}7 \times 10^{11}$ und $6{,}8 \times 10^{11}$ cgs ergaben, versucht er nun das gleiche Problem unter der Annahme einer kontinuierlichen Dichtezunahme durchzuführen. Die numerische Grundlage bilden die Horizontalpendelbeobachtungen in dem 189 m tiefen Schachte eines Bergwerkes in Freiberg in Sachsen. Aus diesen wird das Verhältnis γ der wahren Lotstörung zur Lotstörung bei vollkommen starrer Erde für die eintägigen Fluten K_1 und O berechnet. Die halbtägige Welle ließe sich viel genauer bestimmen; sie eignet sich aber deshalb weniger, weil sie, wie schon in der ersten Arbeit gezeigt wurde, viel stärker dem Einfluß des Flutdruckes im Atlantischen Ozean ausgesetzt ist. Dies hängt damit zusammen, daß der Atlantische Ozean eine deutlich ausgeprägte halbtägige, aber eine schwache ganztägige Flutwelle besitzt.

Die eintägige Welle wird aber nur dann brauchbare Resultate liefern, wenn die Aufstellung der Horizontalpendel eine derartige ist, daß sie dem Einfluß der Sonnenwärme, deren Periode ebenfalls ein Tag ist, möglichst entzogen sind, was für den tiefen Freiberger Schacht sehr gut zutrifft. Aus der eintägigen Welle ergibt sich für die SW-Richtung der Lotbewegung $\gamma = 0{,}823$, für die SE-Richtung $\gamma = 0{,}831$, also in auffallender Übereinstimmung.

Die Lotbewegung allein würde nur zur Bestimmung eines mittleren Starrheitswertes für die Erde genügen. Sollen aber, wie in der ersten Arbeit, zwei Werte, für Kern und Rinde, oder, wie hier, zwei Konstante in dem Gesetz der Starrheitszunahme nach dem Innern, welches in der Form

$$n = n_0(1 - \eta\, r^2)$$

(n = Starrheit im Mittelpunkte, r = Entfernung vom Mittelpunkte) vorausgesetzt wird, bestimmt werden, so braucht man noch eine numerische Angabe. Diese findet man in der Länge der Chandlerschen Periode der Polschwankung, welche in direkter Beziehung zur Starrheit der Erde steht: je geringer die Starrheit, desto länger wird die Periode. Für die absolut starre Erde wäre sie 304 Tage; die Beobachtungen ergeben 434 Tage.

Der Verlauf der Dichte im Erdinnern wird nach dem Gesetze von *Roche* angenommen:

$$\varrho = \varrho_0 (1 - \beta\, r^2) = 10{,}1\,(1 - 0{,}764\, r^2)$$

Auf Grund dieser Angaben findet sich mit Hilfe weitläufiger analytischer Entwicklungen und numerischer Rechnungen das Resultat:

$$n = 29{,}03 \times 10^{11}\,(1 - 0{,}909\, r^2)\ \text{cgs} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1$$

worin sich zeigt, daß die Starrheit nach innen rascher zunimmt als die Dichte. Danach ist nun die Starrheit

im Mittelpunkte $= 29{,}03 \times 10^{11}$ cgs,

an der Oberfläche $= 2{,}64 \times 10^{11}$ cgs.

Letzterer Wert ist in guter Übereinstimmung mit den Resultaten aus der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der longitudinalen Erdbebenwellen in den obersten Schichten, für welche sich Werte zwischen $2{,}76 \times 10^{11}$ bis $3{,}08 \times 10^{11}$ cgs ergeben.

Dies läßt erwarten, daß eine Verbindung des aus Erdbeben gefundenen Oberflächenwertes der Starrheit mit der Chandlerschen Periode einen ähnlichen Wert für die Starrheit im Mittelpunkte geben wird. Mit $3{,}08 \times 10^{11}$ cgs, dem größten der obigen Werte, ergibt sich:

$$n = 33{,}12 \times 10^{11}\,(1 - 0{,}907\, r^2)\ \text{cgs} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2$$

Mit dem Wiechertschen Werte $3{,}83 \times 10^{11}$, der aus transversalen Erdbebenwellen gewonnen ist, wird

$$n = 29{,}92 \times 10^{11}\,(1 - 0{,}872)\ \text{cgs} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3$$

Auf Grund des Resultates (2 wird mit Hilfe der Formel

$$v = \sqrt{\frac{n_0\,(1 - \eta\, r^2)}{\varrho_0\,(1 - \beta\, r^2)}}$$

die Geschwindigkeit transversaler Erdbebenwellen für die verschiedenen Tiefen berechnet. Es zeigt sich nun, daß diese bis zu etwa 1800 km rasch zunimmt, dann aber nur mehr sehr langsam, obwohl die Starrheit noch weiter bedeutend anwächst. Soll also eine solche Kurve aus einzelnen Punkten, die noch dazu mit Beobachtungsfehlern behaftet sind, bestimmt werden, so wird man sich leicht verleiten lassen, zwei getrennte Kurvenzüge anzunehmen, die bei etwa 1800 km unter einem Winkel zusammenstoßen. Es würde so ein Dichtesprung vorgetäuscht werden, der gar nicht existiert. Dazu kommt, daß die Geschwindigkeiten der Erdbebenwellen noch mit großer Unsicherheit behaftet sind. So sind die Werte der Geiger-Gutenbergschen Geschwindigkeitskurve schon an der Oberfläche um mehr als 2 km größer als nach den Beobachtungen von *Hausmann* und *Zeissig*. Demgemäß geben die Geiger-Gutenbergschen Werte schon in einer Tiefe von 0.4 Erdradien einen Starrheitwert von 35×10^{11} cgs, der mit dem obigen gar nicht vereinbar ist. Es scheint somit nicht ausgeschlossen, daß die aus den Erdbebenuntersuchungen gefolgerten Dichtesprünge im Erdinnern doch nicht reell sind. *Schweydar* macht übrigens darauf aufmerksam, daß eine Übereinstimmung der Starrheitswerte aus den Erdbebenuntersuchungen und den geodätischen Methoden nicht unbedingt notwendig ist. Es ist sehr möglich, daß die Erde auf die raschen Deformationen während eines Erdbebens mit einer anderen Starrheit reagiert, als auf die langsam wirkenden Kräfte des Flutphänomens und der Polbewegung.

B. Über den Unterschied der Deformation der Erde in nord-südlicher und ost-westlicher Richtung. Ergibt sich bei den ganztägigen Gezeiten eine gute Übereinstimmung der beiden Störungskomponenten, so ist dies bei den halbtägigen keineswegs der Fall. Der Grund wird in dem Einfluß der deutlich entwickelten halbtägigen Gezeiten des atlantischen Ozeans gefunden.

Um die Sache klarzustellen, berechnet *Schweydar* den Einfluß der halbtägigen Gezeiten nach der Fluttheorie von Hongh. Diese setzt zwar voraus, daß das Meer die ganze Erde bedeckt; da aber immerhin 0.7 der Erdoberfläche vom Meere bedeckt ist und eine genauere Theorie derzeit nicht existiert, so muß man sie wenigstens näherungsweise für genügend erachten. Die Tiefe des Ozeans wird mit 4800 m angenommen, was den wahren Verhältnissen beiläufig entspricht. Es ergibt sich nun tatsächlich ein Unterschied zwischen der EW- und der NS-Komponente in dem richtigen Sinne und auch eine entsprechende Phasenverschiebung. Die azimutale Unsymmetrie fällt etwas zu klein aus. Der Rest dürfte der tatsächlichen Verteilung von Land und Wasser zuzuschreiben sein. *A. P.*

Die Polbewegung in Beziehung zur Zähigkeit und zu einer hypothetischen Magmaschicht der Erde (*W. Schweydar*, Veröffentl. des preuß. geod. Institutes Neue Folge Nr. 79). In einer früheren Arbeit (Untersuchungen über die Gezeiten der festen Erde und die hypothetische Magmaschicht; Neue Folge 54) hat sich *Schweydar* mit der Frage befaßt, ob sich zwischen dem Kern und der Rinde der Erde eine Schicht von merklicher Fluidität befinden kann und gezeigt, daß eine Schicht mit einem Koeffizienten der Zähigkeit von der Ordnung 10^9 cgs, wie etwa Siegellack bei Zimmertemperatur, auch bei sehr geringer Mächtigkeit mit den Beobachtungen nicht vereinbar ist; daß aber eine Magmaschicht von 600 km Mächtigkeit und einem Zähigkeitskoeffizienten von der Ordnung 10^{13} bis 10^{14} cgs den Beobachtungen nicht widerspricht. Die Schicht wird dabei in einer Tiefe von 120 km angenommen.

Die Untersuchungen wurden auf Grund der Horizontalpendel-Beobachtungen geführt, die die Gezeiten der festen Erde darstellen. Diese Erscheinung wird aber durch den Druck der Meeresgezeiten beeinflußt und gerade dieser Einfluß läßt sich bei unserer Unkenntnis über den Verlauf der Gezeiten auf dem freien Ozean und der Kompliziertheit des Vorganges nicht sicher genug berücksichtigen.

Hier wird nun die gleiche Frage auf Grund der Periode der freien Nutation der Erdachse behandelt. Es wird dadurch der Vorteil gewonnen, daß der Koeffizient der Zähigkeit aus der Dauer der Periode bestimmt wird und nicht, wie bei den Horizontalpendeln, aus der Phase, die schwer festzustellen ist.

Es werden nun die Formeln der 1. Arbeit auf diesen Fall angewendet. Es findet sich, daß bei einer Dicke der Magmaschicht von 600 km und einem Zähigkeitskoeffizienten von 10^{11} cgs nur eine Periode von 83 Jahren auftritt, dagegen keine von 430 Tagen, wie sie die Beobachtungen verlangen. Kürzere Perioden mit entsprechend geringer Dämpfung treten erst bei viel größerer Zähigkeit (etwa 10^{18} cgs) auf.

Auch bei 120 km Dicke findet sich kein Fall in der Natur verwirklicht. Man muß somit die Annahme einer zähflüssigen Magmaschicht ganz ablehnen.

Es wird nun noch der Fall untersucht, den *Darwin* angenommen hat, daß nämlich die ganze Erde zähflüssig ist. Auch hier treten kürzere Perioden der freien Nutation erst bei einer Zähigkeit von 10^{18} cgs auf. Es kann also die Erde bei der Polbewegung nicht als reibende Flüssigkeit angesehen werden. Nimmt man die Erde, ebenfalls mit *Darwin*, als halbelastisch, so ergibt sich eine Relaxionszeit von mehr als 1 Million Jahre, innerhalb welcher die Amplitude auf den eten Teil sinken müßte. Dies entspricht schon fast einem vollständig elastischen Körper. Bezüglich der Polbewegung kann also die Erde weder als zähflüssig noch als halbelastisch angesehen werden, um so weniger gegenüber den Flutkräften mit nur 12—24-stündiger Periode. Auf Grund dieser Untersuchungen kann also die Darwinsche Theorie der Flutreibung nicht aufrecht erhalten werden. *A. P.*

Astronomische Mitteilungen.

Ein didaktisches Hilfsmittel zur sphärischen Astronomie. Unter diesem Titel veröffentlicht *E. Anding* in den Astr. Nachr. *209*, 289, ein äußerst klares und durchsichtiges Verfahren, fast alle Reduktionsformeln der sphärischen Astronomie aus zwei Gruppen von Fundamentalformeln mit einem sehr geringen Aufwand von Rechnung herzuleiten. Diese beiden Formelgruppen werden einfach dadurch gewonnen, daß man die durch eine kleine Drehung um eine bestimmte Achse bzw. Verschiebung des himmlischen Objektes hervorgerufenen Änderungen in Rektaszension und Deklination durch die rechtwinkligen Drehungs- bzw. Verschiebungskomponenten ausdrückt. Die Korrektionen der Sternörter infolge Präzession, Nutation, Apexbewegung, Fixsternparallaxe, Fixsternaberration, tägliche Parallaxe, tägliche Aberration, ferner die Instrumentalverbesserungen beim Meridiankreis (Besselsche Durchgangsformel) und Äquatoreal (Aufstellungs-, Konstruktions-, Biegungsfehler, Theorie des Mikrometers) werden mit Hilfe dieser Grundformeln in ein paar Zeilen hergeleitet. Gegenüber den sonstigen langwierigen Ableitungen mittels der Differentialformeln des sphärischen Dreieckes, wobei jedesmal die Ableitung separat durchgeführt wird, tritt hier das allen diesen Korrektionsformeln Gemeinsame in wunderschöner Weise zutage. Diese Methode verdiente, in alle Lehrbücher und Vorlesungen über sphärische Astronomie aufgenommen zu werden.

Über die Formeln der sphärischen Trigonometrie publizierte *P. Harzer* in den Astron. Nachr. *210*, 10, einen Aufsatz, worin er die Grundformeln dieser Disziplin aus gewissen Differentialbeziehungen ableitet und sich dabei auf eine Eigenschaft der geodätischen Linien gekrümmter Flächen stützt. Die sogenannten Gaußschen Gleichungen ergeben sich als Integrale dieser Differentialbeziehungen, während daraus wieder durch ein bestimmtes Eliminationsverfahren die drei Fundamentalformeln der sphärischen Trigonometrie folgen.

Referent hat in einer unter dem Titel **Zur Theorie des Momentenellipsoids bei den Eigenbewegungen der Fixsterne** in den Astron. Nachr. *210*, 43, erschienenen Arbeit untersucht, in welcher Beziehung das beim Kobold-Harzerschen Verfahren der Apexbestimmung auftretende Ellipsoid, das von *S. Oppenheim* Momentenellipsoid genannt wurde, zu dem in der Mechanik als Binetschem Fundamentalträgheitsellipsoid bekannten Ellipsoid stehe. Entwickelt man die Verteilungsfunktion der Pole der Fixsterneigenbewegungen in eine Reihe nach Kugelflächenfunktionen, so hängen die Koeffizienten in der Gleichung des Momentenellipsoids nur von den Konstanten der Kugelfunktionen nullter und zweiter Ordnung ab. Daran anschließend wird folgender Satz bewiesen: Ein System von Körpern bewege sich nach dem Newtonschen Gesetze in Kreisbahnen um ein gemeinsames Anziehungszentrum. Die Verteilung der Körper sei bezüglich Bahnradius und Neigung beliebig, bezüglich Knoten und Knotenzeit (d. i. Zeitpunkt, in dem der Körper im Knoten steht) gleichförmig. Die Körper werden von einem anderen aus beobachtet, der ebenfalls in einer Kreisbahn um das gemeinsame Anziehungszentrum läuft. Dann ist das Momentenellipsoid der auf den Beobachtungskörper bezogenen Bewegungen der Körper des Systems in folgender Weise orientiert: Die eine Achse weist nach der Apexrichtung des Beobachtungskörpers, die zweite steht normal auf seiner Bahnebene, die dritte ist gegen das Zentrum gerichtet. Dieser Satz wurde von *Oppenheim* beim System der kleinen Planeten durch numerische Rechnungen gefunden und für kleine Neigungen auch analytisch bewiesen. Er ist nunmehr auch für beliebige Neigungen allgemein nachgewiesen.

Eine Methode der Bahnbestimmung für alle Exzentrizitäten veröffentlichte *A. Wilkens* in den Astr.

Nachr. *210*, 81. Sie soll die Brücke schlagen zwischen den Methoden von *Gauß* und *Laplace* und sich durch Einfachheit, Übersichtlichkeit und Kürze der Rechnung auszeichnen. Ihr Ziel ist die Bestimmung der heliozentrischen Koordinaten und zugehörigen Geschwindigkeiten zu einem bestimmten Zeitpunkt aus drei vollständigen Beobachtungen. Durch Elimination der unbekannten geozentrischen Entfernungen erhält der Verfasser aus den neun Formeln der Transformation der geozentrischen in die heliozentrischen Koordinaten die sechs Grundgleichungen seiner Methode. Er entwickelt dann die heliozentrischen Koordinaten des ersten und dritten Ortes nach Potenzen der Zwischenzeiten in bezug auf den zweiten Ort und drückt die zweiten und höheren Ableitungen der Koordinaten durch diese und ihre ersten Differentialquotienten aus. Dadurch verbleiben in den sechs Gleichungen nur sechs Unbekannte, nämlich die heliozentrischen Koordinaten und Geschwindigkeiten des zweiten Ortes. Für ihre Auflösung wird ein Ausführungsverfahren von möglichster Kürze gesucht. Zum Zwecke einer Diskussion der Gleichung achten Grades in r_2 (der heliozentrischen Entfernung des zweiten Ortes) wird zuerst eine rein elliptische Bewegung der Erde angenommen. Lambertscher Satz und Oppolzersches Kriterium ergeben sich nebenbei. In erster Näherung (bis auf zweite Potenzen der Zwischenzeiten) werden hierauf mit den strengen Sonnenkoordinaten die Gleichungen gelöst und sodann eine Verbesserung mit Berücksichtigung der fünften Potenzen vorgenommen. Dann behandelt der Verfasser den Spezialfall der Parabel, indem er je eine der sechs Grundgleichungen wegläßt, also teilweise den ersten, zweiten oder dritten Ort ausschaltet. Die praktische Anwendbarkeit und Kürze des Verfahrens wird an drei Beispielen (Juno, 690 Wratislavia, Komet 1896 IV Sperra) vorgeführt.

Die Hauptphasen veränderlicher Sterne berechnet mit Pogsons schneidender Kurve. Die Pogsonsche Kurve ist der Ort der Mittelpunkte der durch die Lichtkurve parallel zur Zeitachse gezogenen Sehnen. Sie wird auch halbierende Kurve genannt. Ihre Tangente im Schnittpunkte mit der Lichtkurve heißt die schneidende Tangente. In den Astr. Nachr. *210*, 217, beweist *J. G. Hagen* folgenden Satz: Die schneidende Tangente ist die zur Zeitachse konjugierte Gerade bezüglich eines Büschels von Kegelschnitten, die mit der Lichtkurve in dem betrachteten Schnittpunkte eine vierpunktige Berührung eingehen, oder anders ausgedrückt, sie ist die harmonische Polare des unendlich fernen Punktes der Zeitachse bezüglich aller Kurven des Büschels. Die Anwendung dieses Satzes zur Bestimmung der Hauptphase wird an einem Beispiel (R. Pegasi) gezeigt.

Referent veröffentlichte unter dem Titel: **Zur Frage des Schwarzschildschen Vertex** einen Aufsatz in den Astr. Nachr. *210*, 59, worin folgende geometrische Eigentümlichkeiten der Ellipsoidhypothese bewiesen werden: Sind die Spezialgeschwindigkeiten der Sterne ellipsoidisch verteilt, so erhält man die für eine bestimmte Region der Sphäre geltende Verteilung der Geschwindigkeitskomponenten normal zum Visionsradius in folgender Weise: Man legt an das Ellipsoid der Geschwindigkeitsverteilung einen Tangentialzylinder, dessen Achse auf den Schwerpunkt der betreffenden Region hinweist. Der Normalschnitt dieses Zylinders ist die gesuchte Geschwindigkeitsellipse. Die Achsen aller dieser Ellipsen schneiden sich dann und nur dann in einem Punkte der Sphäre, wenn das Verteilungsellipsoid Rotationssymmetrie besitzt. Der gemeinsame Schnittpunkt, der sogenannte Schwarzschildsche Vertex, ist derjenige Punkt, in welchem die Sphäre von der Rotationsachse getroffen wird.

J. Lense, Wien.

Zur photographischen Photometrie heller Sterne. Über einen sehr bemerkenswerten Versuch, auf photographischem Wege nach einem Schwärzungsverfahren genaue Helligkeitsbestimmungen von Sternen zu erhalten, berichtet *Brill* in A. N. 5032. Das von *Brendel* in der Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft Bd. *45*, 142 und *46*, 99, vorgeschlagene Verfahren unterscheidet sich von der Schwarzschildschen Schraffiermethode (A. N. Bd. *170* und *174*, Göttinger Aktinometrie) durch die Art, geschwärzte Flächen von größerer Ausdehnung herzustellen, die mit dem Hartmannschen Mikrophotometer gemessen werden können. Die Kassette wird zu dem Zweck mittels eines Uhrwerks in langsame Rotation versetzt; gleichzeitig wird der Gang des Fernrohruhrwerks gegen die tägliche Bewegung meßbar verlangsamt oder beschleunigt. Die Aufnahmen geschehen extrafokal. Auf der Platte erzeugen dann die extrafokalen Sternspuren lange, etwa 1 mm breite Streifen von spiraliger Form, deren Schwärzung von der Mitte der Platte nach außen hin kontinuierlich abnimmt. Durch die Messung der Schwärzung längs der langen Spiralen erzielt man nach Möglichkeit einen Ausgleich der kurzdauernden Durchsichtigkeitsschwankungen der Luft. Hierin liegt der wesentlichste Vorzug der Methode. Gemessen werden die Schwärzungen einer Reihe von Punkten einer jeden Spirale, deren Lage mikrometrisch bestimmt wird. Die Koordinaten des Drehungsmittelpunktes der Platte erhält man durch die Kreisspur eines mit genau nachgeführtem Fernrohr aufgenommenen Sternes. Diese Koordinaten und die der Spiralenpunkte liefern die Abstände der letzteren vom Drehungsmittelpunkt. Die Schwärzung ist eine Funktion der Belichtungsdauer, deren Ausdruck für einen Spiralenpunkt gegeben wird. Die weitere Auswertung der Schwärzungen ist im wesentlichen dieselbe wie bei den anderen Verfahren. Als Probe für die Genauigkeit der Helligkeitsbestimmungen gibt *Brill* die an zwei Abenden erhaltenen photographischen Größen der Hauptsterne des großen Bären:

Datum	α	β	γ	ε	ζ	η
1910 Mai 12 ..	3,10^m	2,40^m	2,49^m	1,79^m	2,16^m	1,74^m
1912 Jan. 14 ..	3,08	2,40	2,47	1,78	2,23	1,74

Der Stern ζ ist nach lichtelektrischen Messungen in Babelsberg ziemlich erheblich veränderlich, die übrigen Sterne zeigen eine sehr gute Übereinstimmung der beiden Bestimmungen. *Brill* schätzt die Genauigkeit des Verfahrens derjenigen der lichtelektrischen Methode vergleichbar. Es wird geplant, die Beobachtungen auf dem Taunus-Observatorium des Meteorologisch-Geophysikalischen Instituts fortzusetzen, da die Beobachtungsverhältnisse auf der Frankfurter Sternwarte, auf der die Versuche angestellt wurden, wegen der Großstadt ungünstig sind. Man wird dem Ergebnis weiterer Versuche mit großem Interesse entgegensehen.

G.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 17. (Seite 317—332) **23. April 1920.** **Achter Jahrgang.**

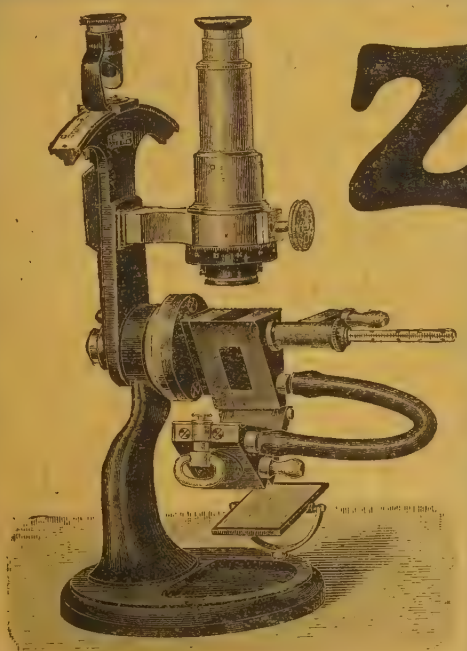
INHALT:

Die Formen der Fortpflanzung im Tierreich und ihre Beziehungen zu Organisation und Lebensweise. Von *Horst Wachs, Rostock.* (Mit 8 Abbildungen.) S. 317.

Die Zwischenstufen bei chemischen Umwandlungen. Von *Eduard Färber, Berlin-Dahlem.* S. 322.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner Zweigverein): Lehrfilm. Das Eindringen des Frostes in den Erdboden. S. 327.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten: Über einen bemerkenswerten Schädelfund (mit 3 Abbildungen). Vorgeschichtliche Funde aus Stillfried. Sekundäre Geschlechtsmerkmale und Kastration. Die erworbene Chininfestigkeit der Malariaparasiten. Der Vorgang der Selbstverstärkung. Die Vegetation des westlichen Kleinasiens. Beiträge zur Vogelfauna der Mark Brandenburg. Über faunistische Prinzipien. Hermaphroditismus bei Triton cristatus. S. 328—332.



Zeiss
Abbe-Refraktometer
mit heizbaren Prismen
zur chemischen Analyse

ZEISS

Abbe -Refraktometer
Butter -Refraktometer
Eintauch -Refraktometer
Zucker -Refraktometer
Pulfrich -Refraktometer
Kristall -Refraktometer
Differenz -Refraktometer
Milchfett -Refraktometer

BERLIN HAMBURG CARL ZEISS JENA WIEN BUENOS AIRES

Druckschriften kostenlos

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 18.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.20.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich . 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztewelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.
Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a. Rh.

Die Naturwissenschaften
1915, 1916
zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 167** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (167

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang — *Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.* / *Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche* / *Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)*
Berlin

Zoologische Station Büsum, Nordsee.

Laboratorien Arbeitsplätze
Ferienkurse Aquarium
Präparate Lehrmittel
Seetierversand (198

Verlag der „Schriften der Z. S. B. für Meereskunde".
Drucksachen auf Wunsch.

Freunde der Himmelskunde
ladet die „Vereinigung v. Freunden d. Astron. u. kosm. Physik" (Vors. Geh. R. Foerster, Bornim-Potsdam) zum Beitritt ein. Näheres und Probehefte der „Himmelswelt" durch (180)
Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin S. W. 68.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:
Ultra-Strukturchemie
Ein leichtverständlicher Bericht
Von **Alfred Stock**
Mit 17 Textabbildungen
Preis M. 6.— (und Sortimentszuschlag)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:
Die Zweckmäßigkeit in der Entwicklungsgeschichte
Eine finale Erklärung embryonaler und verwandter Gebilde und Vorgänge
Von **Karl Peter,** Greifswald
Mit 55 Textfiguren
Preis M. 30.—; gebunden M. 36.— (und Sortimentszuschlag)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 23. April 1920. Heft 17.

Die Formen der Fortpflanzung im Tierreich und ihre Beziehungen zu Organisation und Lebensweise.

Von Horst Wachs, Rostock.

Wenn wir die Organismen der belebten Natur betrachten, ihren Bau studieren und ihre Lebensfunktionen zu verstehen suchen, so mag sich uns die Frage aufdrängen: „Gibt es vielleicht *einen* Gesichtspunkt, unter dem ein umfassendes Verstehen von Organisation und Lebensweise möglich ist?“ Ich glaube, daß es diesen Gesichtspunkt gibt, und mir scheint, daß man ihn in der Erkenntnis finden kann, die ich etwa so ausdrücken möchte: „Organisation und Lebensweise sichern die Erhaltung der Art.“

Ich will versuchen, von diesem Gesichtspunkt aus die Verhältnisse im Tierreich kurz zu betrachten.

Wir wissen, daß ein Organismus normalerweise nicht nur günstigen, sondern auch ungünstigen Lebensbedingungen ausgesetzt ist. Die Schädigungen, die er so erleidet, mögen die Veranlassung sein, daß ein Tier nicht imstande ist, unbegrenzt lange zu leben. Der Organismus wird vielmehr nach kürzerer oder längerer Zeit abgenutzt, seine Widerstandskraft geschwächt und die einzelnen Organe gleichsam abgebraucht sein. Als Folge tritt schließlich, wenn nicht irgend eine Katastrophe schon vorzeitig ein anomales Ende bringt, der normale physiologische Tod ein.

So ist die Lebensdauer des Individuums eine begrenzte. Wenn trotzdem die *Art*, deren Repräsentant das fragliche Tier war, erhalten bleibt, so wird das dadurch ermöglicht, daß ein Teil des Individuums dem Untergang entrinnt und ein neues, gleichsam verjüngtes Individuum aufbaut, an dem nun der gleiche Zyklus des Werdens, Lebens und Vergehens abläuft. So folgt im Wechsel des Geschehens eine Generation auf die andere.

Diese Fähigkeit der lebenden Organismen, sich oder richtiger ihre Art zu erhalten, bezeichnet man bekanntlich als *Fortpflanzung*. Da bei der Fortpflanzung durchgängig von dem Elterntier nicht nur ein, sondern mehrere und oft sehr zahlreiche Tochtertiere erzeugt werden, ist mit der Fortpflanzung eine *Vermehrung* verbunden. Die Formen, unter denen sich die Fortpflanzung im Tierreich — wie übrigens auch im Pflanzenreich — vollzieht, können höchst mannigfaltige sein.

Es leuchtet ein, daß die Summe von Vorgängen, die z. B. bei einem Säugetier mit der Neubildung eines jungen Organismus verknüpft sind, nicht die einfachsten Verhältnisse darstellt. Wir werden vielmehr versuchen, das Verständnis für dies Komplizierte durch Ableitung aus dem Einfacheren zu gewinnen. Welches ist nun der einfachste Modus, Nachkommen hervorzubringen und worin liegt denn überhaupt der erste Anstoß zur Vermehrung?

Wir wissen, daß ein Organismus, um sich zu erhalten, die aufgenommene Nahrung assimiliert. So kompensiert er durch Einnahmen die Ausgaben des Lebenshaushaltes. Ist die Ernährung reichlich genug, so werden durch die Assimilation nicht nur die Ausgaben gedeckt werden, sondern über die Ausgaben hinaus wird ein Überschuß verbleiben. Diese Tatsache kann man treffend als „Überkompensation“ bezeichnen. Die Folge solcher Überkompensation ist Wachstum.

Fig. 1. Amöbe in Teilung (Querteilung), schematisch.

Nun kann aber ein einfachster einzelliger Organismus nicht ins Unbegrenzte wachsen. In diesem Falle würde sich die Oberfläche der Zelle, die annähernd kugelige Gestalt haben mag, ja in anderer Weise vergrößern als der Inhalt, dergestalt, daß sich das Verhältnis zwischen Oberfläche und Inhalt dauernd zuungunsten des Inhalts verändern würde. Hierdurch würden notwendige Lebensfunktionen, wie Fortbewegung und Atmung, immer mehr erschwert und schließlich unmöglich gemacht werden.

Dieser Gefahr entgeht das Tier dadurch, daß es sich teilt! So sehen wir als einfachste Form der Fortpflanzung die *Teilung des Elterntieres in zwei Tochtertiere.*

Bei einem Tier, dessen Körper einfach gebaut ist, z. B. einer Amöbe, das noch keine komplizierten Organe besitzt, ist eine solche Vermehrung durch Teilung leicht durchführbar (Fig. 1). Bil-

den sich aber zur Verrichtung besonderer Lebensfunktionen Organe aus, und seien es auch nur

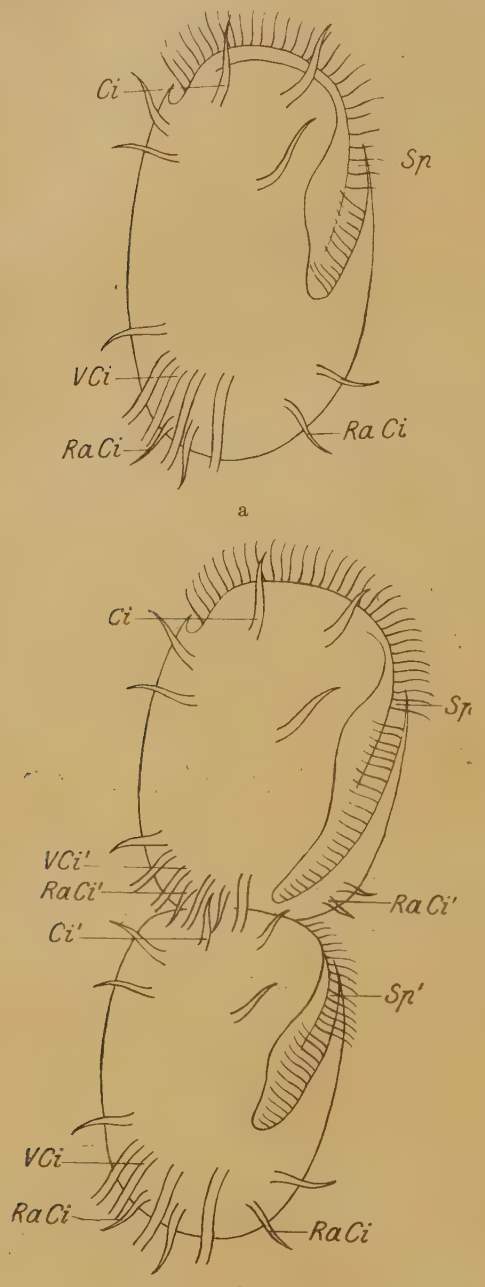


Fig. 2 a und b. Ein hypotriches Infusor in Teilung. 2 a zeigt ein Tier vor der Teilung, in der Ansicht von unten. Die Wimperspirale des Mundfeldes (*Sp*), die vorderen Cirren (*Ci*, Wimperplättchen), die Randzirren (*Ra Ci*) und die Bauchzirren (*VCi*) sind deutlich. Fig. 2 b. Ein Individuum der gleichen Art in Teilung (Querteilung). Jedes Teiltier muß eine Anzahl Organe neubilden: Wimperspirale (*Sp'*) und vordere Cirren (*Ci'*), Randcirren (*Ra Ci'*) und Bauchzirren (*VCi'*) müssen neugebildet bzw. umgebildet werden. (Nach *Doflein*, Protozoenkunde 1911, Fig. 136.)

Differenzierungen innerhalb einer Zelle, sogenannte „Organellen" der Protozoen, so vermehrt sich die Schwierigkeit der Fortpflanzung durch Teilung. Denn in diesem Falle muß ja jedes Teilprodukt diejenigen Organe neubilden, die nur dem anderen Teile mitgegeben wurden. Gleichzeitig mit der Teilung muß jetzt *Regeneration* eintreten (z. B. Infusorien, Fig. 2). So ist es verständlich, daß die Vermehrung durch Teilung nur auf niedere Organismen mit einfachem Bau beschränkt bleibt. Sie findet sich bei den Protozoen sowie bei zahlreichen Cölenteraten und Würmern (z. B. Mikrostomum, Fig. 3).

Dabei herrscht noch eine große Mannigfaltigkeit in bezug auf die Einzelheiten dieser Vermehrungsart. So kann sich der Körper des Muttertieres der Länge (Flagellaten, Fig. 4) oder der Quere (Fig. 1 u. 2) nach aufspalten, oder auch nicht nur in zwei, sondern in zahlreiche Teilpro-

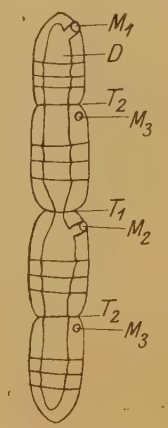


Fig. 3.

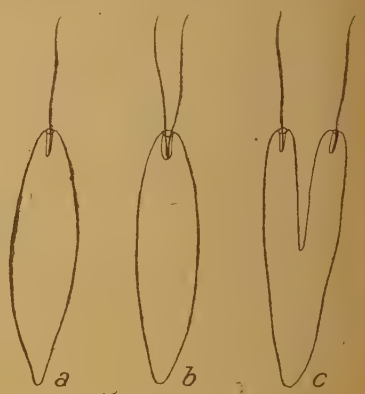


Fig. 4.

Fig. 3. Mikrostomum, ein rhabdocoeles Turbellar (= Strudelwurm mit stabförmigem Darm *D*), in Querteilung begriffen. Der Körper ist in der Mitte (bei T_1) schon fast durchgeschnürt; außer der alten Mundöffnung (M_1) hat sich eine neue (M_2) angelegt. Jedes Teiltier zeigt schon die Andeutung der nächsten Teilung (T_2) und die Anlage einer zugehörigen neuen Mundöffnung (M_3).

Fig. 4. Flagellat in Längsteilung. Nach Verdoppelung des Fortbewegungsorganes (der „Geißel", 4 b) beginnt die Durchteilung des Körpers der Länge nach (4 c).

dukte zerfallen (Fig. 5 u. 6). Diese „Vielfachteilung" beobachtet man einerseits bei den Tieren, die sich mit einem schützenden Gehäuse, z. B. aus Kalk oder Kieselsäure, umgeben haben, wie Foraminiferen und Radiolarien. Mitzerteilen läßt sich ein solches Gehäuse nicht, und da die Öffnungen meist nur klein sind, können nur kleine Teilprodukte nach außen gelangen. So sehen wir bei der Fortpflanzung der Foraminiferen und Radiolarien das Muttertier in zahlreiche sehr kleine Tochtertiere zerfallen, die das alte Haus durch die kleinen Öffnungen verlassen, um sich selbst jede ein neues Haus zu bauen (Fig. 5).

Durch diese Art der Teilung werden offensichtlich besonders zahlreiche Nachkommen gebildet. Das aber ist wichtig bei Tieren, die in ihrem Lebenszyklus besonders gefährliche Perioden zu überstehen haben. Das trifft vor allem

bei den Parasiten zu. Da das Tier, das dem Parasiten zum Aufenthalt dient, der Wirt, begrenzte Lebensdauer hat, ja oft gerade durch den Parasiten zugrunde geht, muß der Parasit bzw. seine Nachkommen einen neuen Wirt aufsuchen.

Bei diesem „Wirtswechsel" werden zahlreiche, oft sicherlich sogar die meisten Individuen zugrunde gehen, eben weil es ihnen nicht gelingt, den richtigen Wirt zu finden. So beobachten wir bei den parasitierenden Tieren die Produktion ungeheuerlicher Mengen von Nachkommen. Einerseits benutzt der Parasit im Wirt die günstigen Lebensbedingungen zur Produktion zahlreicher Nachkommen, eben durch eine Vielfachteilung, die zu einer Überschwemmung des befallenen Tieres mit dem Parasiten führt (Fig. 6). Andererseits kann noch an anderer Stelle im Lebenszyklus des Parasiten eine solche Vielfachteilung auftreten. Bei der Übertragung von einem Wirt

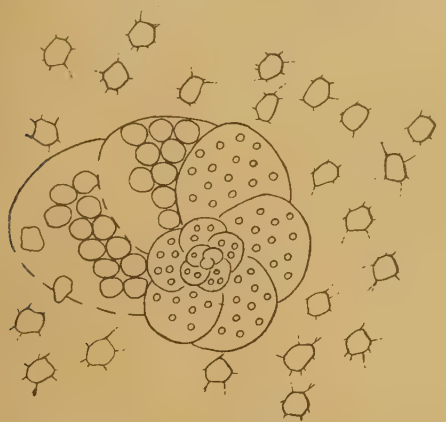


Fig. 5. Foraminifere in ungeschlechtlicher Vermehrung. Die beiden letzten, größten Kammern sind geöffnet gedacht, um in ihnen die Tochtertiere zu sehen. Die übrigen Kammern zeigen in der Ansicht von außen die Durchbrechungen (Foramina) der Kalkschale. Zahlreiche ausgeschlüpfte Tochterindividuen umgeben die allmählich leer werdende Schale des Muttertieres.

zum andern werden oft Dauerzustände, Cysten, schützende Hüllen gebildet. Innerhalb dieser Hüllen können ebenfalls wieder durch Zerfallsteilung zahlreiche Individuen gebildet werden, wie es z. B. bei den Sporozoen der Fall ist (Fig. 7).

Auf diese Art geschieht es, daß an zwei Stellen im Lebenszyklus der Sporozoen eine gewaltige Produktion von Nachkommen stattfindet. Ähnliche Verhältnisse finden wir auch in einer ganz anderen Tiergruppe, bei den parasitischen Plattwürmern, den Trematoden (Saugwürmern) und den Cestoden (Bandwürmern). Diese Beispiele zeigen, in ihre Einzelheiten verfolgt, sehr hübsch, wie ähnliche Lebensbedingungen zu ähnlichen Erscheinungen bei ganz verschiedenen Tiergruppen führen. Die Tatsachen, die unter diesen Gesichtspunkt fallen, bezeichnet man als „Konvergenzerscheinungen".

Das Gemeinsame der bis jetzt betrachteten Formen der Fortpflanzung bestand darin, daß *der ganze mütterliche Organismus* in der Bildung der Nachkommen aufging. Anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn wir uns vorstellen, daß der mütterliche Organismus einen kleinen Teil seiner selbst absondert, nachdem er ihn zu einem Miniaturbild der eigenen Gestalt umgebildet hat. Wenn ein Tier, wie der Polyp des Süßwassers Hydra, durch Auftreten besonderer Wachstumsverhältnisse an einer Stelle seines Körpers eine Verdickung bildet, die sich schließlich zu einem ihm ähnlichen kleinen Tier auswächst, so erinnert diese Art der Erzeugung von Nachkommen auf den ersten Blick an das Auswachsen einer Knospe am Ast einer Pflanze zu einem neuen Ast (Fig. 8). Für diese Art der Fortpflanzung konnte somit kein treffenderer Ausdruck als „Knospung" gefunden werden. Hat das knospende Tochtertier eine gewisse Ausbildung erreicht, so braucht es sich nur loszulösen, um als neuer selbständiger Organismus die Art wieder für eine Weile zu erhalten.

Auch diese Art der Erzeugung von Nachkommen scheint auf den ersten Blick eine gewisse

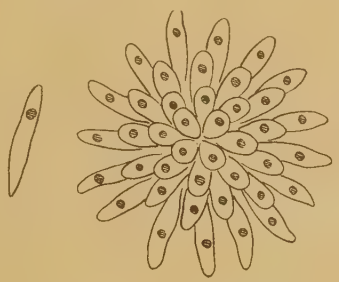


Fig. 6.

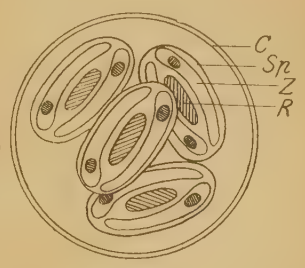


Fig. 7.

Fig. 6. Ungeschlechtliche Vermehrung (Schizogonie, Agamogonie) eines Sporozoon (Coccidium = Eimeria Schubergi). Der innerhalb des Wirtstieres herangewachsene Parasit hat sich in zahlreiche, rosettenförmig angeordnete Teilindividuen zerteilt. Jeder so erzeugte Abkömmling (Merozoït) ist befähigt, von neuem in eine Zelle des Wirtstieres einzudringen und wieder die gleiche Entwicklung durchzumachen. Links ein einzelner Merozoït. (Nach *Doflein*, Protozoenkunde 1911, Fig. 626 VII.)

Fig. 7. Cyste der gleichen Art mit vier Sporen, in denen je zwei Sporozoïten neben einem „Restkörper" (dunkelschraffiert) liegen. Die Cyste bzw. die Sporen vermitteln, indem sie mit der Nahrung aufgenommen werden, die Übertragung des Parasiten von einem Tier zum anderen. *C* = Cyste, *Sp* = Spore, *Z* = Sporozoït mit Kern, *R* = Restkörper. (Nach *Doflein*, Protozoenkunde 1911, Fig. 626 XIX.)

Einfachheit im Bau des Tieres als notwendige Voraussetzung zu haben. Trotzdem findet sie sich auch in einer Tiergruppe, die fraglos dem höchsten Tierstamme, den Wirbeltieren, nahe verwandt ist. Ich denke an die Tunikaten. Bei dem immerhin komplizierten Bau, den diese Tiere aufweisen, wird die Durchführung dieser Art der Fortpflanzung dadurch ermöglicht, daß die Tochtertiere an verhältnismäßig indifferenten Teilen des Tieres, Ausläufern oder Stolonen, gebildet werden.

Es ist, wie mir scheint, sicherlich kein Zufall,

daß diese Vermehrung durch Knospung nur bei wasserbewohnenden Tieren vorkommt. Eine solche am Muttertier frei nach außen hervorwachsende Knospe ist fraglos ein empfindliches Gebilde. Nur das Wasser bietet die günstigen Voraussetzungen für das Erhaltenbleiben eines solchen Gebildes bis zur fertigen Ausbildung.

Bei der Knospung sehen wir aus Zellpartien des Muttertieres ein junges Individuum *nach außen entstehen.* Eine ganz eigentümliche Art, Nachkommen zu erzeugen, besteht darin, daß Zellen des Organismus sich *innerhalb* des tierischen Körpers zu Gruppen vereinigen, eine schützende Hülle um sich bilden und nun kürzere oder längere Zeit so verharren, um nach Zugrundegehen des Muttertieres neuen Tieren der

Fig. 8. Ein Süßwasserpolyp (Hydra grisea) in Knospung. Eine ältere Knospe (K_1) hat schon eine Mundöffnung und Fangarme (Tentakel) gebildet und ist kurz vor der Ablösung. Eine jüngere Knospe (K_2) ist erst in Bildung begriffen.

gleichen Art den Ursprung zu geben. Ich denke an jene Bildungen, die man als Gemmulae bezeichnet und die bei den Schwämmen auftreten. Der biologische Zusammenhang ist unschwer einzusehen. Diese Gemmulae, die bei manchen Formen, wie z. B. beim Süßwasserschwamm (Spongilla lacustris) durch besondere Hartgebilde aus Kieselsäure umschalt sind, mögen biologisch betrachtet doppelten Nutzen bringen.

Im Gegensatz zu den dauernd etwa gleichen Lebensbedingungen, wie sie in der See herrschen, wechseln im Süßwasser die Lebensbedingungen. Kälte in den nördlichen Ländern, Trockenheit in den südlichen verschlechtern die Lebensbedingungen zeitweise dergestalt, daß zahlreiche Organismen des Süßwassers zugrunde gehen müßten, bildeten sie nicht sogenannte Dauerzustände in Form ruhenden Lebens, die, gegen Kälte beziehungsweise Trockenheit geschützt, fähig sind, in Ruhe bessere Zeiten abzuwarten. Dies mag ein biologischer Vorteil der Bildung der Gemmulae für die Süßwasserschwämme sein.

Da aber auch bei marinen Formen, auf die dieser Gedankengang ja keine Anwendung finden könnte, diese Art der Vermehrung beobachtet wird, ist wahrscheinlich, daß noch ein anderer Vorteil hieraus erwächst. Die Schwämme sind, an ihrer Unterlage festgewachsen, keiner Ortsveränderung fähig. Hieraus folgt eine Schwierigkeit für die Ausbreitung der Art über weitere Strecken. Dieser Schwierigkeit mag unter gewissen Verhältnissen durch die Gemmulaebildung abgeholfen werden; es ist wahrscheinlich, daß diese kleinen Gebilde im Meere (und auch in den Flüssen) durch die Strömungen mit fortgeführt werden und so größere Strecken zurücklegen können, bevor sie einem neuen Individuum den Ursprung geben. Daneben mag auch die Verschleppung durch Fische und Vögel, an denen sie zufällig haften, eine Rolle spielen.

In allen bisher besprochenen Fällen nahm das Individuum seinen Ursprung aus einem größeren oder kleineren Teile *eines* (mütterlichen) Organismus. Ganz anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn der jugendliche Organismus aus *zwei* sich vereinigenden Zellen aufgebaut wird. Im einfachsten Falle sehen wir zwei wenigstens äußerlich gleiche Zellen beziehungsweise einzellige Tiere miteinander verschmelzen und dieses Verschmelzungsprodukt dann als neues Individuum weiter leben, wie z. B. bei der Algenkolonie Eudorina. Es ist klar, daß durch diesen Vorgang die Anzahl der Individuen nicht nur nicht vermehrt, sondern im Gegenteil auf die Hälfte vermindert wird. Allerdings folgt gewöhnlich auf diesen Vorgang, der in der eben besprochenen Weise nur bei Protozoen vorkommt und hier als *Kopulation* bezeichnet wird, alsbald eine Vermehrung der Individuenzahl durch wiederholte Teilung.

Es drängt sich da sofort die Frage auf, ob und inwiefern diese Einrichtung der „geschlechtlichen" Fortpflanzung, bei der, wie gesagt, zwei von *verschiedenen* Individuen stammende Zellen die Grundlage des neuen Tieres bilden, einen Fortschritt gegenüber der Herkunft von *einem* Elterntier bedeutet.

Bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung stellt sich uns die Reihe der Vorfahren für jedes Individuum dar etwa nach dem Bilde einer eingliedrigen Kette: das Individuum jeder Generation ist genealogisch nur an *ein* Glied der Ahnenreihe geknüpft, nur von jeweils *einem* Gliede bezieht es die Anlagen zu dem, was es werden soll. Hat nun ein Individuum dieser Kette während seines individuellen Lebens solche Einflüsse erfahren, die geeignet sind, die Anlagen und Fähigkeiten zu beeinflussen (z. B. Einwir-

kung von Giften auf parasitierende Mikroorganismen), so müssen sich die Folgen einer solchen Beeinflussung bei allen weiteren, ungeschlechtlich erzeugten Generationen bemerkbar machen: ein derartiger, einem Individuum zugestoßener Schade bzw. Abänderung ist in allen folgenden Generationen irreparabel.

Nimmt, im Gegensatz hierzu, das Individuum seinen Ursprung aus jeweils *zwei* Vorfahren, so stellt, wenn wir einen Vergleich finden wollen, jedes Individuum die Spitze eines Baues dar, dessen Stockwerke in der Reihenfolge zum Grunde hin auf jeweils breiterer Basis ruhen. Oder wie man, von dem Knoten eines Netzes die divergierenden Schenkel der Masche geradlinig weiter verfolgend in jeder der (mit den Spitzen sich berührenden) folgenden Reihen die doppelte Maschenzahl trifft, so ist auch die Elternzahl jeder Generation bei der geschlechtlichen Fortpflanzung doppelt so groß, in der Richtung vom Individuum rückwärts.

Für alles, was an dem Individuum der neuen Generation sich entwickeln soll, bezieht dieses, bei der geschlechtlichen Fortpflanzung, nicht nur die Anlagen des einen Elterntieres, eine „Garnitur", sondern jedes Elterntier steuert eine „komplete Garnitur" bei. Sonach liegen bei dem geschlechtlich erzeugten Organismus für jedes in die Erscheinung tretende, explizit werdende Merkmal zwei Anlagen (implicite) vor: bei Abänderung der von dem einen Elterntier überkommenen Anlage wird sonach mit großer Wahrscheinlichkeit für das betreffende Merkmal die Anlage des anderen Elter normal sein und die Abänderung schon in der ersten Tochtergeneration nicht mehr in die Erscheinung treten.

So besteht bei der geschlechtlichen Fortpflanzung infolge des Ursprungs jedes Individuums aus zwei Wurzeln (Eltern) die Möglichkeit, Abweichungen von der Norm sofort zu regulieren. Unbeschadet dieser Möglichkeit besteht eine andere, scheinbar entgegengesetzte: es können infolge der Vereinigung von zwei Zellen zur Grundlage eines Individuums Neukombinationen von Merkmalsanlagen eintreten und so neuartige Erscheinungen geschaffen werden. Hier würden wir das Arbeitsgebiet der Vererbungs- und Bastardierungsforschung betreten.

Neben der Gleichheit der Verschmelzungsprodukte beobachten wir ebenfalls schon im Reiche der Protozoen die Tatsache, daß der eine der zur Vereinigung kommenden Partner größer, der andere kleiner ist. Der größere Partner hat in diesem Falle Reservestoffe angesammelt, ist dadurch aber schwerfällig und unbeweglich geworden und eine Vereinigung mit dem andern Partner wird nur dadurch möglich, daß dieser besonders beweglich ist und geeignet, den trägeren aufzusuchen.

So sehen wir schon im niedrigsten Tierstamme Verhältnisse auftreten, wie sie auch bei den höchsten Tieren und dem Menschen selbst ähnlich vorliegen. Denn jenes große Individuum entspricht der nährstoffbeladenen Eizelle, jenes kleine bewegliche dem Spermatozoon.

Dieses Verschiedenwerden der sich vereinigenden Zellen, der Gameten, gibt in der Tatsache, daß sie gewöhnlich von verschiedenen Tieren abstammen, den ersten Anlaß zum Verschiedenwerden der Elterntiere selbst. Hier also liegt der erste Anlaß zur Ausbildung männlicher und weiblicher Individuen. Denn zum mindesten bei den vielzelligen Tieren, den Metazoen, werden wir das Tier, das die großen Zellen, die Eier bildet, als Weibchen, jenes, das die kleinen Zellen, die Spermatozoen bildet, als Männchen bezeichnen.

Im einfachsten Falle werden beide Elterntiere ihre Geschlechtszellen ins Wasser abgeben und dort würde dann die Vereinigung dieser Zellen stattfinden, das, was man als Befruchtung im eigentlichen Sinne des Wortes bezeichnet.

Tiere, bei denen dies der Fall ist, wie etwa die Seeigel und Seesterne, haben, wenn man so sagen darf, noch keinen Anlaß, in beiden Geschlechtern verschiedene Ausbildung zu erfahren. Ein männlicher Seeigel schaut ganz ebenso aus wie ein weiblicher. Geschlechtlicher Dimorphismus besteht hier noch nicht.

Es liegt auf der Hand, daß diese Art der Abgabe der Geschlechtsprodukte ins umgebende Medium einmal nur bei Wassertieren möglich ist, andererseits eine große Gefahr insofern birgt, als die Vereinigung, das Sichfinden der Geschlechtsprodukte durch nichts gewährleistet wird und die Wahrscheinlichkeit des Befruchtetwerdens wenigstens für das Ei somit eine sehr geringe ist. Diese Art der Abgabe der Geschlechtsprodukte, bei der die Elterntiere keinerlei Notiz voneinander nehmen, konnte daher auch nur bei Tieren zum Ziele führen, die gewöhnlich am gleichen Orte in Menge auftreten, wie es eben z. B. die Seeigel und Seesterne sind.

In den meisten Fällen aber werden Maßregeln getroffen, die die Wahrscheinlichkeit des Sichfindens von Ei und Samenzelle gewährleisten oder zum mindesten erhöhen. Dabei ist Voraussetzung, daß die beiden Geschlechter irgendwie voneinander Notiz nehmen. Um voneinander Notiz zu nehmen, müssen sie sich aber gegenseitig oder zum mindesten das Männchen das Weibchen als Angehörige des andern Geschlechts erkennen. So etwa mag zuerst ein äußerlicher Unterschied zwischen Männchen und Weibchen sich ausgebildet haben, ein geschlechtlicher Dimorphismus.

Die Betrachtung aller mit geschlechtlichem Dimorphismus im Zusammenhang stehenden Erscheinungen würde einer besonderen Abhandlung bedürfen. Nur um zu zeigen, in welche Fülle von Erscheinungen uns dieser Gedankengang hineinführen würde, will ich daran erinnern, wie in Fällen, wo die Befruchtung innerhalb des mütterlichen Organismus stattfindet, die mannigfaltig-

sten Formen von Begattungsapparaten sich ausbilden. Abgesehen von den Verschiedenheiten des eigentlichen Penis erinnere ich nur an die Begattungsfüße der Krebse und die Pedipalpen der männlichen Spinnen. Im letzteren Falle nimmt das Männchen gleichsam ein Samenpäckchen in die Hand und bringt es in die weibliche Geschlechtsöffnung. Und diese Hand, die bei den verschiedenen Arten höchst verschieden gestaltet sein kann, paßt in die ebenfalls verschiedengestaltige weibliche Geschlechtsöffnung wie ein Schlüssel zum Schloß, eine Einrichtung, durch die die Fremdbefruchtung, die Bastardierung, mit besonderer Sicherheit verhindert wird.

Ferner sei erinnert an jene Organe, die zum Aufsuchen und zum Bewältigen der Weibchen dienen. Das Aufsuchen wird gewöhnlich durch den Geruch erleichtert, der oft, wie bei den Schmetterlingen, zu einer uns ganz unwahrscheinlich erscheinenden Feinheit ausgebildet ist.

Die Bewältigung des meist widerstrebenden Weibchens geschieht in vielen Fällen mit Hilfe besonders kräftig entwickelter Greifinstrumente, die sich sowohl an den Beinen bilden können, wie die Daumenschwielen der Frösche oder die Haftnäpfe der Wasserkäfer (Dytisciden), als auch z. B. an den Antennen gewisser Krebse, der Cyclopiden. Eine feinere Art der Bewältigung des Weibchens ist die psychologische. Das Männchen macht das Weibchen gefügig zur Begattung durch Schmuckfarben, die seine Sinne entzücken oder durch Gesang oder durch Liebesspiel und Tanz. Diese Art, das Weibchen zu gewinnen, findet sich in allen Klassen der Wirbeltiere von den Fischen bis zu den Säugetieren und, wie ich denke, wohl auch beim Menschen. Seien wir aber nicht so selbstbewußt, daß wir glauben möchten, es hierin am weitesten gebracht zu haben. Unter den Vögeln vor allem finden sich Künstler im Liebeswerben, denen wir manches absehen könnten und vielleicht auch abgesehen haben.

Ein anderes großes, mit der Fortpflanzung zusammenhängendes Gebiet stellen die Verhältnisse der Brutpflege dar. Auch hier herrscht eine schier unübersehbare Fülle von Erscheinungen. Es gibt wohl keine Gruppe von Metazoen, in der die Vorsorge für die Nachkommen nicht in irgendeiner Form getroffen würde. Oft aber füllt gerade diese Vorsorge für die Nachkommen das ganze Leben des Tieres nach Eintritt der Geschlechtsreife aus. Dabei kommt es zu Betätigungen einer Zweckdienlichkeit, die unserm Verstehen die größten Schwierigkeiten bereitet. Das allerbekannteste Beispiel sind ja die Nestbauten der Vögel. Fast ebenso bekannt aber ist jene eigentümliche Brutpflege, wie wir sie bei den Insekten, z. B. beim Pillendreher oder den Schlupfwespen beobachten. Wie gesagt, ist die Brutpflege im Tierreich von einer vom Nichtfachmann ungeahnten Mannigfaltigkeit und zeigt Formen, die oft zu einem grausamen Zugrundegehen des mütterlichen Organismus auf Kosten der Nachkommen führen. Bis zu einem gewissen Grade leistet ja jede Mutter einen Tribut an Leben und Gesundheit an das Wohl ihrer Kinder.

Die Zwischenstufen bei chemischen Umwandlungen.

Von Eduard Färber, Berlin-Dahlem.

Obwohl, wie jede Erklärung, auch die einer chemischen Reaktion eine eigentlich unendliche Aufgabe ist, so stellt sich doch die noch unbeantwortete Frage nicht immer sogleich als die nach den Zwischenstufen dar. Wenn wässrige Natronlauge durch Salzsäure neutralisiert wird, so gibt es an diesem Vorgange gewiß mancherlei zu untersuchen; aber das sind dann nicht Zwischenstufen: Ausgangs- und Endprodukt liegen so nahe beieinander, daß — bei einer ersten Betrachtung wenigstens — gar nichts dazwischen noch Platz hätte. Wenn aber Kohlendioxyd mit Wasser unter Verlust von Sauerstoff in Zucker und Stärke verwandelt wird, da kann eine Erklärung nur dann befriedigen, wenn sie Stationen auf diesem Wege aufzuzeigen vermag. Er ist diesmal nämlich zu weit, als daß wir ihn durch unsere chemischen Konstitutionsformeln mit einem Sprunge nehmen könnten; eine größere Zahl von Umlagerungen der Atome gehörte dazu nach denjenigen Bildern, die bisher überall bewährt sind und darum auch im zunächst Unbekannten leiten dürfen.

Doch auch für die so einfach scheinende Neutralisation der Natronlauge sind Zwischenstufen ja aufgefunden worden: Beim Auflösen im Wasser dissoziiert die Natronlauge so wie die Säure, und nun sind es einfach die Ionen H und OH, die zusammentreten, Wasser bilden und Na und Cl füreinander zurücklassen. Solange man schreiben mußte: $NaOH + HCl = NaCl + H_2O$, konnte immer noch der Gedanke, daß erst eine Loslösung der früher verbundenen Teile eintreten müsse, eine weitergehende Erklärung fordern. Nun jedoch ist die Umwandlung als eine bloße Addition erkannt, und zwar Addition von schon vorher getrennt vorhandenen Teilen. Der Eintritt der Trennung selbst mochte lange Zeit als ein ganz „einfacher“ Akt gelten; bis dann etwa *Werners* Theorie auf die Rolle des Wassers dabei hinwies, und die Untersuchungen über die Neutralisation der Kohlensäure in wässriger Lösung Zwischenstufen auf dem Wege zwischen ungelöstem und in die Ionen dissoziiertem Stoff erkennen ließen: die Verbindung mit dem Lösungsmittel zu Hydraten. Freilich kann man Hydrate der Kohlensäure nicht als solche, als reine Stoffe, isolieren; aber daß die Neutralisation nicht sofort, sondern verhältnismäßig langsam erfolgt, läßt sich im Zusammenhange mit anderen Erfahrungen einleuchtend so darstellen, daß dabei Umwandlungen über derartige Zwischenstufen hinweg erfolgen.

Additionsverbindungen mit Wasser und Ammoniak und Alkoholen waren in neuerer Zeit immer zahlreicher bekannt geworden, und durch die Forschungen des jüngst verschiedenen *Alfred Werner* hatte man ihre große Bedeutung schätzen gelernt. Nun konnten sie auch als Zwischenstufen manche Vorgänge erklären. Allerdings gehörte dazu eine neue theoretische Begründung. Die alte Valenzlehre hatte ja alle dieVerbindungen als „gesättigt" bezeichnet, die sich nun als noch reaktiv in dem Sinne erwiesen, daß sie sich mit anderen, und zwar ebenfalls gesättigt sein sollenden Verbindungen chemisch vereinigten. Wo man an der, früher einmal sehr fruchtbaren, Ansicht von der Konstanz und Unzerlegbarkeit der Valenzen festhielt, da mußte man sich zunächst gegen die neuen Erkenntnisse sträuben; sie haben denn zum Beispiel in die Schule kaum noch Eingang gefunden: aus Besorgnis, die scheinbar so gute und feste Ordnung in ein Chaos zu verwandeln. *Werner*, der die Molekülverbindungen so stark in denVordergrund gestellt hatte, mußte folgerichtig auch die alte Valenzvorstellung auflösen und in einer neuen Theorie über die die Atome aneinander bindenden Kräfte Platz schaffen für die Möglichkeit, alle solche Additionen zu umfassen. Zuerst unterschied er wohl die neuen Bindekräfte als Nebenvalenzen streng von den früheren als Hauptvalenzen; doch bald zeigte sichs anders. In Wirklichkeit sind Nebenvalenzen nicht etwas, was zu der bekannten konstanten Wertigkeitszahl als Anhängsel hinzuträte: Vielmehr ist eben diese Konstanz aufzulösen und die Valenz als zerlegbar zu definieren, ohne daß die Zahl der Zerlegungsteile begrenzt wäre.

Damit ist ein Rahmen geschaffen, der nun allerdings für viele Fälle — zu weit war. Da konnte der Anschluß an ältere Vorstellungen noch enger gewahrt bleiben. Im Prinzip waren die Additionen nun auch theoretisch „genehmigt": nicht nur dort, wo Elemente noch nicht ihre ganze Valenzkraft betätigten und dem entsprechend ungesättigte Verbindungen auch im Formelbilde *Lücken* für den Addenden offen hatten, sondern auch bei eigentlich gesättigten Körpern. Vielleicht erweiterte man die Wertigkeit des einen oder anderen Elements, schrieb etwa dem Sauerstoff statt zweier vier Valenzen zu. Der Charakter als Zwischenstufen wurde den Additionsverbindungen wohl nicht immer gleich zuerkannt. Und in der Tat hatte man damit ja nur eine erste Stufe der Reaktion gefunden. Zwar kann man mit Brom, das den Wasserstoff einer Verbindung ersetzt, oder mit der Salpetersäure, von der ein Rest ähnlich in sie eindringt, zunächst Additionsverbindungen erzeugen; doch wenn damit auch nahegelegt wird, solche Additionen auch bei der wirklichen Substitution vorausgehen zu lassen, so hat das doch nur die Bedeutung: ganz eng aneinander zu führen, was dann chemisch weiter miteinander wirkt. Man überwindet die Entfernung zwischen den Reagentien, und das ist gewiß soviel wert, wie die Überwindung der Annahme von Fernewirkung auf irgendeinem physikalischen Gebiete.

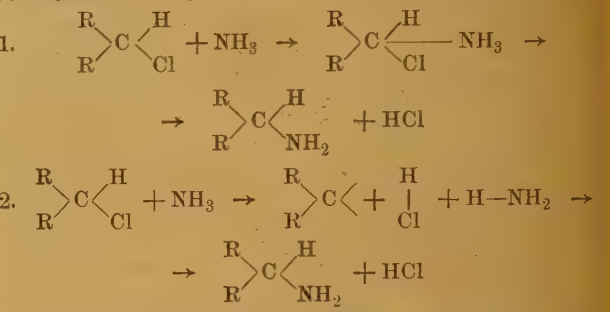
Hat man nun aber die Additionsverbindungen auch als reine Stoffe isolieren können, so erscheint ihre Deutung als eine Zwischenstufe bei der ganzen Reaktion sichergestellt. Da ist es denn charakteristisch, welchen Gang diese Isolierungen nahmen. Zuerst fand man wohl die Addition mit solchen Stoffen, die nicht weiter erkennbar auf den Ausgangskörper einwirkten: so daß sich mit der Addition eben auch die ganze Umwandlungsmöglichkeit erschöpfte. Die Hydrate, Alkoholate usw. wurden so gedeutet, und man verhielt sich ebenso gegenüber den zahlreichen Verbindungen mit organischen Stoffen, oder mit den Chloriden von Schwermetallen. Das sind zwar empfindliche Substanzen, und nur zarte Eingriffe dürfen zu ihrer Abscheidung und Reinigung zugelassen werden; aber es waren doch andererseits Endprodukte einer durch sehr schwache Bindekräfte vermittelten Umsetzung. Anders war es, wenn man eine Reaktion, in der sonst beide Komponenten weitergehend verändert wurden, bei deren Addition aneinander aufhielt: In einer *solchen* Additionsverbindung lag dann ein Endprodukt nur im relativen Sinne vor, der nämlich nur galt, solange man die Additionsreaktion für sich allein als das Ganze betrachtete, während sie doch der Teil einer umfassenderen Veränderung ist.

Dafür können die Vorgänge bei *Polymerisationen* als Beispiel dienen. Wo nach der alten Valenzlehre zwei Kohlenstoffatome im Moleküle durch „doppelte" Bindung vereinigt sind, vermögen sich die Moleküle miteinander zu vereinigen: Die Teilchen der gleichen Art treten zusammen, und ohne Änderung der verhältnismäßigen quantitativen Zusammensetzung vervielfacht sich die Größe des Moleküls. Solche Polymerisationen kennt man ja vom Verharzen mancher natürlichen Öle oder von der künstlichen Erzeugung des Kautschuks aus Isopren. Sie werden entscheidend beeinflußt durch Katalysatoren, und zwar durch solche Stoffe, mit denen die einfachen Moleküle sonst gern Verbindungen unter Addition eingehen. Stoffe von der Art des Isoprens addieren etwa Salzsäure an ihre ungesättigte Bindung und lassen dieses Additionsprodukt unter geeigneten Bedingungen auch isolieren. Das sind dann freilich — und fast selbstverständlich — andere Bedingungen als diejenigen, unter denen die Salzsäure polymerisierend wirkt. Aber nachdem doch die Addition nachweisbar war und außerdem der so entstandene Stoff, bei stärkerem Erhitzen etwa, wieder Polymere der organischen Komponente liefert, läßt sich wohl die Erklärung verstehen: Die Zwischenstufe bei der katalytischen Polymerisation war eben eine solche Additionsverbindung. Auch von den vorhin erwähnten solchen Verbindungen mit Metallchloriden sind viele polymerisierbar: So scheinen auch hier die

Zwischenstufen erkannt und direkt isolierbar zu sein.

Aber gerade was darin als stark beweisendes Argument gelten sollte, erweist sich doch der näheren Betrachtung als die Quelle einer erst noch zu überwindenden Schwierigkeit. Sie ist, wie immer, sowohl gedanklich wie experimentell: Wir mußten zur Abscheidung der Additionsverbindungen gerade alle die Umstände vermeiden, die für einen günstigen Verlauf der ganzen Polymerisationsreaktion entscheidend sind; andererseits sind nun *diese* Bedingungen derart, daß, wenn man das Additionsprodukt ihnen aussetzt, es sofort zerstört wird. Eine solche Additionsverbindung mit Salzsäure ist zum Beispiel unbeständig gegen Wasser, wird von ihm sogar heftig zersetzt; aber eine wässrige Salzsäurelösung veranlaßt die Polymerisation des organischen Stoffes. Kann sich dann aber diese selbe Verbindung auch bilden, während die eigentliche Reaktion vor sich geht? Was wir nachweisen konnten, war doch vielmehr nur die *Fähigkeit* zu einer Vereinigung, und eigentlich die *Unmöglichkeit* ihres Eintrittes während der katalytischen Umwandlung. Diese Schwierigkeit besteht ganz allgemein, nicht nur für alle katalytischen Polymerisationen, sondern für alle Katalysen überhaupt und ihre Erklärungen durch Additionsverbindungen als Zwischenstufen. Wohl können wir in solchen Fällen die ganze Reaktion zerlegen, indem wir erst die Addition geschehen lassen und dann an der fertigen Verbindung die Abspaltung des Addenden und die unter Umlagerung geschehende Vereinigung der Reste; aber wir können nicht ohne weiteres auch annehmen, damit den Vorgang nachzuahmen, der sich bei der Reaktion selbst abspielt. Wir hätten eine Zwischenstufe „künstlich" erzeugt: und damit ist der Gegensatz zu den normalen Umwandlungsverhältnissen gemeint.

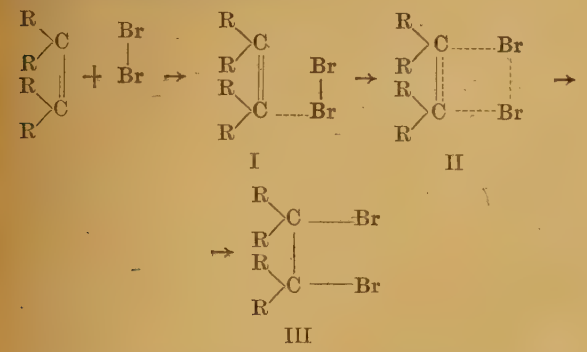
Ehe wir hierfür genauere Bestimmungen suchen, betrachten wir erst einen anderen Weg zu den Zwischenstufen einer Reaktion. Da werden nicht Additionen mit dem Reagens in den Vordergrund gestellt, sondern, in gewissem Sinne entgegengesetzt: die Spaltungen in dem für sich beständigen und nun sich umwandelnden Moleküle. Auf solche Dissoziationen wies besonders der Amerikaner *Nef* hin. Wasserstoff, Sauerstoff werden von ihren Bindungen an Kohlenstoffatome losgelöst, und die vorher mit ihnen betätigten Valenzen bleiben nun frei; aber das natürlich nicht für lange Zeit, sondern eben nur in der Zwischenstufe, die zum Endprodukte der neuartigen Verbindungen an diesen Valenzen führt. Vorher hatte man die Wertigkeit verschiedener Elemente erhöht; jetzt mußte man den Kohlenstoff gelegentlich als zweiwertig ansprechen — als Ausdruck für den gegensätzlichen Charakter dieser Dissoziationstheorie gegen die Additionstheorie. Nach dieser ist zuerst ein Überschuß an gebundenen Komponenten vorhanden, und darauf entfernt sich ein gewisser Teil davon; da aber die vorübergehende Verbindung eine innige Berührung ermöglicht hat, so kann nun die Entfernung auch in ganz anderem Sinne, unter Vereinigung ganz anderer Bestandteile erfolgen, so daß auch andere als die Ausgangskörper zurückbleiben. Die Abspaltung, die hier eine späte Phase der Reaktion ist, bildet bei *Nef* die erste; und was dort durch die Annäherung der Reagentien in *einem* Moleküle erreicht wurde, dafür tritt hier die große Reaktionsfähigkeit des mit freien Valenzen versehenen Spaltrestes ein. Eine Salzsäureabspaltung unter dem Einflusse von Ammoniak würde dann also in folgender Weise (schematisch) beschrieben:



Aus diesen beiden entgegengesetzten Anschauungen läßt sich nun diejenige gewinnen, die auch gegenüber dem oben erwähnten Einwande bestehen bleiben kann. In beiden ist nämlich bis ins selbständige Extrem ausgebildet, was als Teil, und allerdings nur als solcher, durchaus richtig ist. Zwei Stoffe, die einander in ihrem atomaren Aufbau verändern, müssen natürlich sehr nahe aneinander geraten können; und wenn für die eine Art von Atomen eine andere in das Molekül eintritt, so muß dazwischen eine Phase gedacht werden, in der eben schon die erste entfernt und die zweite noch nicht addiert ist. Um das nun in unseren Strukturformeln auszudrücken, müssen wir uns ein feineres Hilfsmittel als die einfachen ungeteilten Valenzen schaffen; denn die ermöglichen doch höchstens, den fertigen Zustand vor oder nach der Reaktion zu verbildlichen, aber nicht die dazwischen liegenden Stufen. Wir wollen ja eine Stetigkeit gewinnen, die weiter geht, als die durch Betrachtungen einheitlicher Valenzen mögliche; und dazu müssen wir nun auch beim Aufzeichnen ein feiner teilbares Bild wählen.

Solche Bilder sind denn nun auch geschaffen worden, und in mancherlei Art. Man läßt, und freilich sehr gegen die alte Festsetzung, einen zunächst kleinen Valenzbetrag die zur Reaktion bestimmten Moleküle als solche leicht aneinander binden; das geschieht an einer dazu besonders geeigneten Stelle des Moleküls, beeinflußt aber allmählich auch die benachbarten. So entstehen Lockerungen, aber charakteristischerweise gleichzeitig an beiden aufeinander reagierenden Molekülen, und wenn das eine von ihnen eben genügend Valenz frei bekommen hat, ist das andere

auch gerade so weit, um sie nun mit gleichem Betrage abzusättigen. Man erhielte also folgende Bilder etwa für die Addition von Brom an die doppelte Kohlenstoffbindung:



Damit sind aber mehr Zwischenstufen formuliert, als man tatsächlich auch verwirklichen, isolieren kann. Die erste Stufe entspräche der Bildung einer sehr lockeren, leicht auflösbaren Anlagerungsverbindung, die vielleicht nur bei tiefer Temperatur oder hohem Drucke des Addenden beständig wäre. Dann spalten sich die Valenzen weiter, und in dem angeführten Falle allerdings schließlich so weit, daß eine regelrechte Valenzverbindung eintritt. Soll aber etwa eine katalytische Polymerisation gezeichnet werden, so geschieht nun folgendes: Statt mit dem fremdartigen Reagens, vereinigen sich die Moleküle an den gelockerten Valenzen *miteinander*. Der Katalysator addiert sich nie wirklich; seine Rolle besteht nur darin, die Bindungen demjenigen Spaltungszustande zuzuführen, der nun einen so anderen Effekt hat. Man gewinnt so die Erklärung für das Wirken eines Katalysators, die mit allen Forschungen über Zwischenstufen gut übereinstimmt. Diejenigen Stoffe nämlich vermögen Katalysatoren zu sein, die unter anderen Bedingungen sich mit dem Stoffe, auf den sie wirken, unter Addition vereinigen können.

Diese Lockerungstheorie ließe sich nun leicht so ausdehnen, daß damit alle unsere Stetigkeitsforderungen befriedigt werden können. Aber das genügt ja doch nicht. Wir gelangen so zu einer gedanklichen, vielleicht auch mathematischen Verwirklichung jener Forderung, aber doch nicht zu der gesuchten und hier allein gültigen chemischen. Andererseits entziehen sich die nun erdachten Zwischenstufen bei gewisser Betrachtung schon definitionsgemäß der Isolierung: Die Unbeständigkeit der Zwischenverbindungen ist ja die Voraussetzung dafür, daß sie sich in das Endprodukt verwandeln. Nun ist freilich Beständigkeit ein relativer, nämlich auf die dargebotenen Zustände und Einflüsse bezogener, Begriff. Wir könnten andere Zustände wählen, eben solche, in denen das Zwischenprodukt stabil ist. Aber dann kommt alles darauf an, daß die neuen nahe genug an den alten liegen, um einen Schluß vom einen auf das andere zu gestatten. Gelingt dies experimentell, so gelingt auch die Erklärung in der einzigen Weise, auf die wir überhaupt erklären können: durch die genügende Annäherung des eigentlich unvergleichlichen Eigenartigen an anderes Bekanntes. Charakteristisch dafür ist etwa die Erkennung des Acetaldehyds als Zwischenstufe bei der biochemischen Alkoholbildung aus Zucker dadurch, daß man den Aldehyd in der Form eines leicht seine Herkunft verratenden Derivats festlegt[1]). Vergleichbar damit ist die Art, wie *Wieland* Verbindungen mit zweiwertigem Stickstoff erkannte: Das aus dem Hydrazin $H_2N—NH_2$ durch Substitution mit vier Benzolresten hervorgehende Tetraphenyl-hydrazin, $(C_6H_5)_2N—N(C_6H_5)_2$, erleidet beim Erhitzen in Toluollösung eine komplizierte Umwandlung. Leitet man Stickoxyd (NO) in die siedende Lösung ein, so erhält man ein Additionsprodukt an das halbierte Hydrazinmolekül: $(C_6H_5)_2N—NO$. Das läßt auf die Entstehung von Diphenylstickstoff $(C_6H_5)_2N$ schließen, die dann auch die ganze Reihe weiterer Umwandlungen trefflich erklärt. Sie erweist sich auch durch die Vereinigung mit dem selbst ungesättigten Triphenylmethyl. Auch das Triphenylmethyl $(C_6H_5)_3C$ mit dem dreiwertigen Kohlenstoffatome, das auch in Substanz isoliert werden kann, hat als Zwischenprodukt mancher Umwandlungen zu gelten. Es verhält sich hier ähnlich wie bei den Ketenen, jenen reaktiven Verbindungen, bei denen ein mit zwei Valenzen Sauerstoff bindendes Kohlenstoffatom die beiden anderen Valenzen gegen ein einziges anderes Kohlenstoffatom betätigt: Diese Verbindungen erhält man zum Beispiel, wenn man Zink auf gewisse substituierte organische Säuren einwirken läßt; und unter weniger vorsichtiger Behandlung entstehen dann statt jener so empfindlichen Ketene sogleich die Produkte, zu denen man auch von diesen isolierten, *nun*: Zwischenstufen aus gelangen kann.

So ist es denn bei einer größeren Zahl von Reaktionen gelungen, sie in Stufen zu zerlegen. Man nehme etwa noch hinzu: die Diazoniumverbindungen, die sich, isoliert, mit explosiver Heftigkeit zersetzen, die Leukofarbstoffe: diejenigen Derivate derselben nämlich, die sich bei Luftzutritt sofort in den Farbstoff selbst verwandeln, Sauerstoffanlagerungsprodukte, die nur unter besonderen Bedingungen vor der — sonst immer stattfindenden — weiteren Oxydation bewahrt werden können. Mit anderen Worten: Alle sehr reaktionsfähigen Verbindungen lassen sich schließlich als die Zwischenstufen einer umfassender betrachteten Umwandlung ansehen; ja, es läßt sich unter diesem Gesichtspunkte als die Aufgabe der Chemie bezeichnen, immer mehr solcher Stoffe zu isolieren, die zwischen normalen und natürlichen Ausgangs- und Endprodukten

[1]) Vgl. *F. F. Nords* Aufsatz über die von *C. Neuberg* und seinen Mitarbeitern ausgeführten Untersuchungen: „Die Naturwissenschaften", 1919. 685.

liegen. In diesem Sinne haben die Worte *Emil Fischers* eine weit über den gerade angeführten Bereich hinausgehende Bedeutung:

„Wenn es heute durch einen Zufall mit Hilfe einer brutalen Reaktion, zum Beispiel durch Zusammenschmelzen der Aminosäuren in Gegenwart eines wasserentziehenden Mittels, gelingen sollte, ein echtes Protein darzustellen, und wenn es weiter, was noch unwahrscheinlicher ist, möglich wäre, das künstliche Produkt mit einem natürlichen Körper zu identifizieren, so würde damit für die Chemie der Eiweißstoffe wenig und für die Biologie so gut wie gar nichts erreicht sein."

Aber wenn alle solche relativ unbeständigen Stoffe Zwischenstufen sein können, so sind sie doch nicht *alle* möglichen Zwischenstufen: Und das hat noch einen anderen, „besseren" Sinn in einer experimentellen Wissenschaft, als den trivialen, daß sie noch unvollendet wäre. Es gibt nämlich noch einen anderen Zugang zur Erkenntnis von Zwischenstufen bei chemischen Reaktionen. Da isoliert man nicht die Stoffe selbst, man schneidet nicht Teile durch Veränderung der Umstände aus dem normalen Verlaufe heraus, sondern ihn selbst bringt man in Beziehung zu denjenigen Vorgängen, die man als einfache annehmen und bekannt setzen darf. Eine solche Vergleichsgrundlage braucht man allerdings dazu, sei es die Geschwindigkeitskurve einer Reaktion, die man gegen die einer einfachen hält, oder der Verlauf der Änderung eines physikalischen Merkmals, wofür man die Ursachen nun in den stofflichen Vorgängen deutet. *Willstätter* stellte fest, daß bei der Assimilation der Pflanzen das molekulare Verhältnis der aufgenommenen Kohlensäure und des abgespaltenen Sauerstoffs stets konstant und gleich Eins ist. Der Beginn dieser Abspaltung vollzieht sich in einer Verbindung des Chlorophylls mit der Kohlensäure. Sie muß dann auch in dieser Verbindung zu Ende gehen; denn sonst würde Chlorophyll früher neue Kohlensäure aufnehmen können, als der ganze Sauerstoff aus dem vorigen Moleküle entfernt wäre. Außerdem zeigt die verschiedenartige Wirksamkeit des doch stets gleichen Chlorophylls an, daß mit ihm zusammenwirkend noch ein andrer Stoff als Katalysator die Reaktion bedingt. Wenn man dann, bei andern Reaktionen, die verschiedenen sonst zugleich wirkenden Katalysatoren voneinander trennt und so beobachtet, dann tut man im Prinzip nichts anderes, als wenn man die Temperatur oder die Konzentration oder die chemische Zusammensetzung eines Gemisches ändert und dadurch zu einem Zwischenprodukte gelangt. Nur ist es für die Ausführung allerdings wohl recht verschieden, welche von diesen Bedingungen man so entscheidend modifiziert.

An der Veränderung der optischen Eigenschaften hat *Hantzsch* vor kurzem gezeigt, daß bei manchen organischen Säuren der Weg zur Salzbildung über eine Zwischenform führen kann. Während in solchen Fällen vorher, in der „Pseudosäure", der Wasserstoff nach der bisher üblichen Formulierung gebunden war, tritt er in der eigentlich ionogenen Bindung in Beziehung zu den *beiden* Sauerstoffatomen seiner Gruppe:

Pseudsäure echte Säure

Das ist nun ein Fall sehr gelinder Veränderung im Atombau; es sind von anderen Reaktionen sehr viel stärkere bekannt. Sie zeigen sich zum Beispiel oft bei Abspaltungen der Bestandteile des Wassers aus den kompliziert gebauten Molekülen, in denen sie in verschiedenartigen Bindungen vorhanden sind. Durch das Losreißen zweier Substituenten an solchen Stellen dehnt sich eine Erschütterung auf das ganze Molekül aus. Nicht alle seine Teile werden gleichartig in Mitleidenschaft gezogen; aber wir gewinnen doch deutlich den Hinweis darauf, daß zwischen allen den atomaren Bestandteilen im Moleküle, und nicht nur zwischen den nach unseren Formeln direkt aneinandergehefteten, Beziehungen bestehen. Man muß jedoch, um die Tragweite fürs experimentelle Erforschen einer Reaktion zu bewahren, schrittweise vorgehen: Man muß immer erst versuchen, den Eingriff möglichst begrenzt zu gestalten und aus der Unveränderlichkeit des Molekülrestes zu begreifen. Nur so kommen wir überhaupt an die Möglichkeit einer Lösung der Aufgabe heran, Zwischenstufen zu isolieren und dadurch Einblick zu gewinnen.

Aber das ist hier oft besonders schwer. Man gewinnt für solche innere Umlagerungen wohl wertvolle Teilerklärungen, und doch nicht die Möglichkeit, sie genau in ihren Zwischenstufen zu erkennen. Überhaupt ist die Zahl derjenigen Reaktionen nicht gar klein, bei denen fast nur die Tatsache weitgehender Atomverschiebungen im Moleküle festgestellt werden kann, ohne daß doch mehr als etwa die Beziehungen zu manchen Zusammensetzungsänderungen, zum Einfluß gewisser Substituenten, verzeichnet würden.

Die nur allgemeine Aussage, daß solche Beweglichkeit im Moleküle herrscht, ist schließlich trivial: Sie könnte zwar einen Fortschritt gegenüber älteren Ansichten über völlige Starrheit der Valenzbindungen darstellen, aber sie geht nun gleich soweit ins Extrem, daß sie in dieser Form ihren Vorzug wieder einbüßt. Darum haben, und das ist charakteristisch, die manchmal schon angenommenen Theorien über Schwingungen der Atome um Bindungsgleichgewichtslagen von seiten der „reinen" Chemiker Widerspruch gefunden. Sie mußten ihre Aufgabe darin sehen, die Zwischenstufen solcher Schwingungen als bestimmte Stoffe festzuhalten. In beschränktem — auf bestimmte experimentelle Erfahrungen beschränktem — Umfange konnte man für einige Verbindungen allerdings feststellen, daß unsere Konstitutionsformeln auch mit allen Erweiterungen zu starr sind. *Thiele* hatte für das Inden

gefunden, daß die Doppelbindung in seinem Fünfkohlenstoffringe oszilliert; Verbindungen, die nach den Konstitutionsformeln isomer sein müßten, sind eben deswegen identisch:

Hier ist es nun aber neuerdings gelungen, die beiden Formen als verschiedene abzuscheiden, und so die Endlagen der vorher angenommenen Schwingung stofflich zu isolieren.

Das kann als ein Beispiel dienen, um in größerer Allgemeinheit nochmals das Wesen des Suchens nach Zwischenstufen bei chemischen Reaktionen zu kennzeichnen. Man ginge etwa von der Anschauung aus, daß alles in Bewegung ist, aus jedem jedes werden könnte; man sähe sich einer ungeheuren Mannigfaltigkeit von Veränderungen gegenüber, in denen kaum ein Bleibendes erschiene. Aber man sucht danach, man zerlegt die natürlichen Einheiten in konstante Teile. Konstant sind die aber nur, wenn man auch ihre Existenzbedingungen konstant hält. Das gelingt mit verschiedener Leichtigkeit, am ehesten etwa bei den edlen Metallen, schwerer schon bei vielen anderen derjenigen Stoffe, die uns heute als Elemente gelten. Sie sind denn auch im historischen Verlaufe gar nicht alle sehr frühzeitig gefunden worden; vielmehr gab es da Verbindungen, die sich in der Hinsicht leichter konstant erhalten ließen als diese Elemente. Dabei waren immer noch mancherlei äußere Einflüsse in ihren gewöhnlich vorliegenden Maßen ganz nebensächlich. Man sah tatsächlich auch lange genug davon ab, manche Irrtümer entstanden daraus, daß man es zu lange tat. Dann führte die neue Erklärung erst zur Erkenntnis dessen, was in diesem Falle als Einfluß wirksam war, und was ferngehalten oder doch wenigstens berücksichtigt werden mußte, um statt beliebiger und nicht streng wiederholbarer Veränderungen konstant beharrende Stoffe zu erzeugen. Auf diesem Wege sind wir nun soweit gelangt, daß wir Verbindungen isolieren, die weder atmosphärische Luft, noch gewöhnliche Temperatur, noch auch manche der üblichen Gefäßwände vertragen.

Von hier aus erscheint die Isolierung von Zwischenstufen solcher Veränderungen als eine Beschränkung natürlicher Vorgänge. Ganz anders wird das Bild, wenn man die Anschauung von der Konstanz zugrunde legt. Dann gäbe es nur einige wenige bestimmt gekennzeichnete Verbindungsmöglichkeiten überhaupt: diejenigen, die man vor mehreren Jahrzehnten als die einzig existierenden Valenzverbindungen ansah. Demgegenüber erwies sich nun die Möglichkeit, auch die danach beständigen und gesättigten Verbindungen noch miteinander zu vereinigen. Dann entstehen Additionsverbindungen, aber viel empfindlichere als jene früheren bekannten. Darum sind sie es aber auch, die bei tiefergehenden Veränderungen zuerst entstehen, als Zwischenstufen.

Zu ihnen gelangt man von beiden Seiten her, gedanklich wie experimentell. Man unterbricht eine normal verlaufende Reaktion durch geeignete Veränderung von Temperatur, Druck, Konzentration und qualitativer Zusammensetzung der Gemische. Man fängt die Zwischenstufen ab, indem man ihre Beständigkeitsbedingungen schafft, sei es durch bloß physikalische Umgebungsänderungen, sei es durch die Ablenkung zu nunmehr leichter entstehenden Verbindungen, die nun gerade darum auch ihren Ausgangsstoffen noch chemisch viel näher stehen, als die sonst gebildeten Produkte. So erzeugen wir eine Reihe zwischen Anfang und Ende, suchen sie durch möglichst viele Glieder auszufüllen, um von der unendlichen Stetigkeitsforderung immer mehr zu verwirklichen.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft.
(Berliner Zweigverein.)

Am 3. Februar zeigte Prof. Dr. *C. Kaßner* im Zentralinstitut für Unterricht einen von ihm vorbereiteten und von der Imperator Film Co. ausgeführten **Lehrfilm:** die Wetterlage bei den verheerenden Hochwassern in Oberschlesien und den Alpen im Juli 1897. Als Grundlage dienten Wetterkarten von 5 Tagen in Abständen von 6 Stunden, welche Prof. *Kaßner* nach den Barogrammen von 87 europäischen Stationen entworfen hatte. Weitere Karten wurden nach Bedarf interpoliert und alsdann die durch Perlenketten gekennzeichneten Isobaren zwischen zwei aufeinanderfolgenden Karten gleichmäßig bewegt und dabei photographiert. Bei der Vorführung des Films erläuterte Prof. *Kaßner* kurz die charakteristischen Veränderungen der Wetterlage, insbesondere das wiederholte Vorstoßen von Keilen hohen Luftdrucks und die Umformungen des flachen Depressionsgebietes. — Ferner wurden noch einige Filme verschiedenen Ursprungs gezeigt, aus welchen man den Dienstbetrieb an Militärwetterstationen kennen lernen sollte.

In der Sitzung am 11. Februar hielt Dr. *Engelhardt* einen Vortrag über **das Eindringen des Frostes in den Erdboden.** Für diese Untersuchungen sind hauptsächlich die Stationen Potsdam und Königsberg i. Pr. benutzt worden, welche sich grundsätzlich dadurch unterscheiden, daß in Potsdam das Bodenthermometerfeld nach jedem Schneefall abgefegt wird, während in Königsberg der Schnee liegen blieb. Unter Mitberücksichtigung von Petersburg und Pawlowsk wurden die Dauer der Frostperioden im Boden und in der darunter liegenden untersten Luftschicht, die Zahl der Eis- und Frosttage sowie der Temperaturgradient im Erdboden in Abhängigkeit von Bewölkung, Niederschlag und Luftdruck besprochen. Den größten Einfluß auf die Frostverteilung im Boden hat die Feuchtigkeit. Besonders eng sind natürlich die Beziehungen zwischen der Häufigkeit der 0 °-Temperatur im Boden und der Bodenfeuchtigkeit. Die Geschwindigkeit des Eindringens von Frost in den Boden ist in erster Linie abhängig von solchen Niederschlägen, welche längere Zeit vorher gefallen sind, also gleichfalls von der Bodendurchfeuchtung. Schließ-

lich wurden die Beobachtungsergebnisse über die Tiefe des Frosteindringens verglichen mit den theoretischen Betrachtungen von *Stefan*, *K. Neumann* und *P. Schreiber*. Beschränkt man sich auf starke Fröste, die bis 50 cm Tiefe eindringen, und setzt man die Oberflächentemperatur nicht als Konstante, sondern als Funktion der Zeit in die Rechnung ein, so ergibt sich für Potsdam eine recht gute, für Königsberg eine leidliche Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Berechnung.

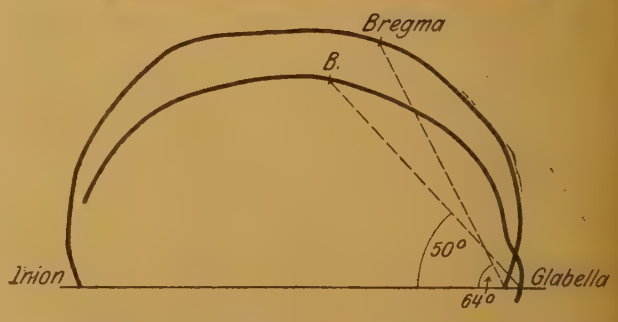
In der an den Vortrag sich anschließenden Besprechung machte Herr *Keränen* (Helsingfors) Mitteilungen über thermoelektrische Bodentemperaturmessungen, welche er in Sodankylä im finnischen Lappland angestellt hat. Der Frost dringt hier bis zu 160 cm Tiefe ein; Herr *Keränen* bemerkte, daß die bisherigen theoretischen Untersuchungen an dem Übelstand leiden, daß der von unten nach oben gehende Wärmestrom nicht berücksichtigt wurde. Indem er dieses Glied in seine Formeln einführte, erhielt er nur sehr geringe Abweichungen zwischen Beobachtung und Rechnung. *Sü.*

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Ein bemerkenswerter Schädelfund. Den im folgenden beschriebenen Fund einer Schädelkalotte habe ich im Frühjahr 1904 bei dem am Fuße des Dschebel Aures im östlichen Algerien gelegenen Dorfe Lambese gemacht. Dieser unbedeutende Ort liegt in dem weiten Ruinenfelde der römischen, später von den Byzantinern und Arabern besetzten Stadt Lambaesis, unfern der berühmten Ruinenstätte von Timgad. Das Fundstück lag frei zutage im Mittelpunkte der römischen Siedlung, in der sich an verschiedenen Stellen alte Grabstätten finden. Es trägt einige offenbar von Spatenstichen herrührende Beschädigungen und ist anscheinend bei der Freilegung der römischen Ruinen ausgegraben und von unkundiger Hand beiseite geworfen worden. Ob es von einem Eingeborenen, einem Römer, einem Byzantiner, einem Araber oder von irgend einem Vertreter der zu allen Zeiten zahlreichen Mischbevölkerung stammt, ist unmöglich zu entscheiden. Die Fundstelle und einige später zu besprechende Merkmale machen es wahrscheinlich, daß der Tote ein Angehöriger der in Lambaesis während zweier Jahrhunderte stationierten dritten Legion war. Aber auch das würde bei der bekannten ethnographischen Buntheit der römischen Grenztruppen für die Herkunft gar nichts besagen. Diese ist indessen auch belanglos, da die Eigentümlichkeiten des Schädelrestes allgemein anthropologischer und pathologischer Natur sind.

Es handelt sich um eine Kalotte, von der das Stirnbein ganz, das linke Seitenwandbein zum größten Teil, das rechte etwa zur Hälfte erhalten ist. Der Verknöcherung der Nähte nach befand sich der Träger bei seinem Tode in reiferem Alter. Die in anthropologischer Hinsicht auffallenden Merkmale veranschaulicht die Projektion der Kalotte im Vergleich mit der eines normalen Mitteleuropäerschädels von mittlerer Größe. Sie zeigt die auch in der photographischen Abbildung deutlich hervortretende ungewöhnlich kräftige Entwicklung von Supraorbitalwülsten, eine flachgewölbte Stirn — der Winkel Bregma-Glabella-Inion beträgt 50 °[1]) gegenüber 64 ° beim Vergleichsschädel — und läßt auf einen geringen Schädelinhalt schließen. Demnach weist der Schädelrest eine auffallende Reihe primitiver Merkmale auf.

In pathologischer Hinsicht sind einige Narbenbildungen auf dem linken Seitenwandbeine auffällig. In der Nähe des Angulus frontalis befindet sich eine ovale 21 × 16 mm messende, etwa 2 mm hohe flache Kallusmasse von glatter Oberfläche und dichter, elfenbeinartiger Beschaffenheit. Zwei der erwähnten, vermutlich von Spatenstichen herrührenden Beschädigungen haben ein Stück abgesprengt. Auf der Innenseite



des Schädels ist an entsprechender Stelle eine Veränderung nicht wahrnehmbar. Dahinter und oberhalb des Tuber parietale ist die Oberfläche, ohne daß die Beschaffenheit des Gewebes sichtlich verändert wäre, zu einer seichten rundlichen Grube von etwa 16 mm Durchmesser eingesenkt. Auch hier ist die Facies cerebralis ohne Besonderheit. Die stärkste Veränderung findet sich indessen vor dem Tuber parietale in Gestalt einer ovalen trichterförmigen Vertiefung, deren Mittelpunkt zwischen den Lineae temporales liegt und deren größter Durchmesser 24 mm beträgt. Die nahe dem unteren Rande gelegene, noch besonders abgesetzte stichkanal-

[1]) Angenähert; eine exakte Messung läßt das Fragment nicht zu.

artige größte Tiefe beträgt 6 mm. Die Hirnseite zeigt eine beträchtliche Wölbung, deren Randpartie stellenweise zackige Knochenvorsprünge und Brücken aufweist.

Alle drei Narben des Schädeldaches rühren offenbar von Hiebverletzungen her, von denen die beiden erstgenannten leichter gewesen sein mögen, während die dritte eine sehr schwere Verwundung darstellt. In diesem Falle ist ein spitziges Instrument auf den Schädel herniedergesaust, hat eine weitgehende Zertrümmerung der Tabula externa hervorgerufen und ist in die Diploe eingedrungen, wo es stecken blieb, während die Tabula interna unter Splitterung in weitem Umfange eingedrückt wurde. Auch diese schwere Depressionsfraktur ist ausgeheilt, doch mußte sie wegen der Vorwölbung der Facies cerebralis einen dauernden Druckreiz auf die darunter liegenden motorischen Rindenfelder ausüben, der wahrscheinlich eine Rindenepilepsie zur Folge hatte. *B. Brandt.*

An der niederösterreichisch-ungarischen Grenze nahe dem Markt Stillfried am Mittellauf der March sind schon seit lange Grabungen gemacht und ein reiches prähistorisches Material zutage gefördert worden. In den Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien Bd. XXXXVIII (der dritten Folge Bd. XVIII), S. 247 berichtet *Hella Schürer v. Waldheim* über **Vorgeschichtliche Funde aus Stillfried** und über die neuesten Grabungen aus dieser Gegend. Das ganze dort gefundene Schädelmaterial entstammt den verschiedensten Perioden: ein Schädel aus dem Vollneolithikum (Stufe der bemalten Keramik), 13 aus der frühen Bronzezeit, 16 aus der mittleren Hallstattzeit, und einer aus der La-Tène-Zeit. Der Schädel aus dem Vollneolithikum gleicht dem alpinen Typ der Schweiz, von Nord- und Mitteldeutschland, von Böhmen und Schlesien und ist für Niederösterreich in bezug auf Rassentypus und Alter noch ein vereinzelter Fall. Der Schädel erinnert an den weiblichen Schädel aus der Station Auvernier, obwohl sich bei dem zeitlich älteren Schädel eine viel primitivere Kinn- und Unterkieferastbildung findet. Die Schädel aus der Bronzezeit zeigen einen einheitlichen Charakter mit auffallend kräftiger Ausbildung des Muskelreliefs; sie sind groß und massig mit schweren, dickwandigen Knochen, deren Typus im allgemeinen vom Neolithikum bis in die Zeit der germanischen Reihengräber in Nord- und Mitteleuropa vorkommt. Daneben fanden sich auch kleinere, zartere Schädel von feinerem Bau. Einen Gegensatz bilden ferner die Schädel aus der Hallstattzeit, die sich durch große Weichheit der Modellierung, durch Zartheit der Vorsprünge und Muskelleisten auszeichnen. „Die Schädel scheinen mit der größten Sparsamkeit an Knochenmaterial angelegt", wie sich die Verfasserin ausdrückt. Erstaunlich verschieden sind die männlichen und weiblichen Schädel aus dieser Epoche. Da die Frauen ein auffallend niedriges Gesicht, die Männer dagegen ein langes Gesicht, mit mehr mittelhohen als niedrigen Augenhöhlen, langer und schmaler knöcherner Nase haben, sieht Verfasserin darin eine eventuelle Vermischung zweier verschiedener Typen. Von Bedeutung ist ferner der Umstand, daß die Schädel nicht in Gräbern, sondern in Wohngruben, also ohne rituelle Bestattung gefunden wurden, so daß die Annahme, Köpfe erschlagener Feinde vor sich zu haben, nahe lag, aber nicht genügend begründet ist. Daher spricht Verfasserin auch die Vermutung aus, es könne sich hier eher um eine besondere Art des Ahnenkultes handeln, etwa um einen Übergang von der Brand- zur Skelettbestattung, da nur der Schädel als der Sitz der Seele verwahrt wurde, die übrigen Knochen aber vielleicht verbrannt. Das La-Tène-Skelett wurde ebenfalls an der March etwas stromaufwärts in der Nähe von Dürnkrut gefunden. Der kurzgesichtige, prognathe Schädel mit niederen Augenhöhlen gehört einem jungen Individuum zwischen 17 und 20 Jahren an, das mit ungemein kräftigen Zähnen ausgestattet ist. Seine aus den langen Knochen berechnete Körpergröße beträgt 1,63 m. Verfasserin läßt einen Vergleich mit anderen langen Knochen aus der Primatenreihe folgen, worauf einzugehen in diesem Rahmen zu weit führen würde. Die zum Schlusse aufgeworfenen Fragen nach dem Zwergwuchs im vorgeschichtlichen Europa, nach dem rituellen Moment der Bestattung, nach der Typenvermischung aus der Hallstattzeit können wohl erst gelöst werden, wenn Glück und Zufall zu weiteren Grabungen führen sollten. *St. O.*

Sekundäre Geschlechtsmerkmale und Kastration. In der Tierreihe sind eine große *Zahl sekundärer Geschlechtsmerkmale* bekannt. Unbekannt bleibt jedoch häufig der Zusammenhang mit dem Gesamtorganismus. Nach *Hesse* und *Doflein*, Tierbau und Tierleben (Bd. *I*) sind Katzen mit gelb, weiß und schwarz gefleckten Fell stets weiblich. Im allgemeinen aber ist die Zahl der sekundären Geschlechtsmerkmale im männlichen Geschlecht größer als im weiblichen. Auch an die verschiedene Größe und Farbe beider Geschlechter im Reiche der Insekten und Vögel, die verschiedene wechselnde Größe des Männchens und Weibchens bei Fischen, Amphibien und Säugern sei erinnert. Ferner ist die Variabilität dieser Merkmale im männlichen Geschlecht größer und hängt nach *Darwin* (nach seiner Untersuchung an domestizierten Tieren) anscheinend mit einem Übermaß von Nahrung zusammen; z. B. sollen sich Muskelvarietäten bei Männern ½-mal häufiger finden als bei Weibern, vermehrte Rippenzahl 3-mal häufiger bei den Männern, ebenso vermehrte Zahl der Wirbel (*Hesse* und *Doflein*).

Ebenso lassen sich bei sehr vielen Arten in der Säugetierreihe Verschiedenheiten zwischen dem männlichen und weiblichen Schädel verfolgen. Diese Unterschiede fallen häufig weg nach operativer Entfernung der Keimdrüsen. So hat man beobachtet, daß nach *Kastration* der Stier eine andere Schädelform und längere Hörner erhält, daß bei Ebern die Eckzähne nicht zu Hauern auswachsen (*Hesse* und *Doflein*). Ob am menschlichen Schädel die Zeichen der Kastration deutlich sichtbar sind, ist noch wenig untersucht, mit Ausnahme der Verkleinerung des Schädels und Abflachung der Hinterhauptswölbung; man weiß aber, daß andere sekundäre Geschlechtsmerkmale, wie der Bart beim Manne wegfällt, Kehlkopf und Stimme auf der Stufe des kindlichen Typus verbleiben. *Tandler* und *Groß* (1913) beobachteten eine Verminderung des Hirngewichts des Rindes nach der Kastration, eine größere Ähnlichkeit in der Kopfform des männlichen und weiblichen Rindes, und beim Menschen eine Verringerung des Eunuchenschädels in mäßigem Grad. Nach ihrer Meinung ist der Kastratenschädel der Säugetiere länger und breiter, aber niedriger; beim Schaf soll der Schädel überhaupt kleiner bleiben. *St. O.*

Die erworbene Chininfestigkeit der Malariaparasiten ist eines der Hindernisse einer erfolgreichen Behandlung des Wechselfiebers, es ist daher von Wich-

tigkeit, die Chiningewöhnung bei Protozoen näher zu verfolgen, um zu sehen, wie sie zustande kommt, und ob etwa Mittel zu finden sind, die die Chininfestigkeit brechen. In diesem Sinne ist eine Untersuchung über die Chiningewöhnung des bekannten Infusors Paramaecium (Pantoffeltierchen) von Interesse (*Neuschloß*, Das Wesen der Chininfestigkeit bei Protozoen, Pflüg. Arch. Bd. *176* [1919], S. 223—235). Paramaecium wird noch durch Chininlösungen getötet, die das Gift in einer Verdünnung von 1 : 100 000 enthalten. Durch Vorbehandlungen mit Chininlösungen kann man eine erhebliche Giftfestigkeit erzeugen, so daß schließlich selbst Lösungen von 1 : 10 000 nicht mehr töten. Zu so hohen Konzentrationen gelangt man schrittweise, indem man mit Verdünnungen von 1 : 10 Millionen beginnt. Tiere, die in einer Lösung lebten, die Chinin im Verhältnis von 1 : 20 000 enthielt, zeigten sich bei allen höheren, tödlich wirkenden Konzentrationen erst nach viel längerer Zeit geschädigt als die unvorbehandelten Tiere. Wenn z. B. unvorbehandelte Tiere in einer Chininlösung 1 : 12 800 in 43 Minuten starben, betrug die Absterbezeit für vorbehandelte 107 Minuten.

Diese Chininfestigkeit wird nun durch Behandlung mit arsenigsaurem Natron (Na_3AsO_3) gebrochen. Eine Lösung, die Na_3AsO_3 in der Verdünnung 1 : 20 000 enthält, wirkt an sich nicht schädigend, bringt man aber Paramaecien, die mit Chinin (1 : 20 000) vorbehandelt sind, in die Na_3AsO_3-Lösung und prüft nun die Abtötung durch höhere Chininkonzentrationen, so sterben jetzt die vorbehandelten Tiere in derselben Zeit ab wie unvorbehandelte. Während z. B. in einer Chininlösung 1 : 10 000 normale Paramaecien in 31 Minuten sterben und vorbehandelte in 95 Minuten, sterben vorbehandelte, die mit arsenigsaurem Natron (1 : 20 000) versetzt sind, in 36 Minuten, also in fast genau derselben Zeit wie die unvorbehandelten.

Das Wesen der Chiningewöhnung liegt darin, daß die Tiere in immer höherem Maß die Fähigkeit gewinnen, Chinin zu zerstören. Während aus einer Lösung, in der unvorbehandelte Tiere vergiftet worden sind, nur einzelne Prozente des Chinins verschwunden sind, findet man in einer Lösung, in der chininfeste Paramaecien gelebt haben und vergiftet sind, nur noch etwa 20 % der ursprünglichen Menge, 80 % sind zerstört worden. Setzt man arsenigsaures Natron zu, so geht zugleich mit der Giftfestigkeit auch die Fähigkeit, Chinin zu zerstören, verloren. Die Wirkung des Arsenpräparates beruht also darauf, daß es in Konzentrationen, in denen es noch nicht tödlich wirkt, doch schon einzelne Teilleistungen aufhebt. In unserem Falle die Fähigkeit, Chinin zu zerstören. Diese Versuche geben ein Verständnis für die Beobachtung, daß es öfters gelingt, die Chininfestigkeit von Malariaparasiten durch Arsenpräparate (z. B. Salvarsan) zu brechen. *P.*

Der Vorgang der Selbstverstärkung (*W. Behrmann, Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde*, Berlin 1919, H. 3/4). Eine Tierspur im Sande kann zur Dünenbildung, ein im Flußbett festgehaltener Stamm zur Entstehung einer Sandbank, eine Ungleichmäßigkeit der Flußablagerung zur Ausbildung eines Mäanderlaufes Anlaß geben. Eine einmal gegebene kleine Ursache führt schnell sehr bedeutende Folgen herbei; die Dinge wachsen vermöge ihrer eigenen Existenz. Doch nur bis zu einem gewissen Grade. Nach kürzerer oder längerer Zeit kommt das Dünenwachstum zum Stillstand, werden die Sandbänke wieder vom Strome vernichtet, erlahmt die Pendelbewegung des Flusses. — Die durch angeführte Beispiele veranschaulichte, in der Natur ganz allgemein verbreitete Erscheinung sucht *Behrmann* allgemein zu formulieren: Die uns umgebende Natur strebt dem Gleichgewichte der Kräfte zu. Durch einen Vorgang beliebiger Art (den Tritt des Tieres im Sande usw.) wird das im Gleichgewicht befindliche Spiel der Kräfte gestört (z. B. die Geschwindigkeit des Windes örtlich vermindert). Die Folge der ersten Gleichgewichtsstörung verursacht eine zweite stärkere, diese eine dritte usf. Die Kräfteverschiebung verstärkt sich und mit ihr die ihr folgende Veränderung. Diese Steigerung erfolgt bei gleichartig bleibender Kräfteverschiebung arithmetisch, beim Hinzutritt anderer gleichwirkender Kräfte (der Konvektionsströmung des hinter der Sandanhäufung aufsteigenden Windes) geometrisch. Sobald die Folgen der Selbstverstärkung dieser entgegenwirken (wenn die Düne über die windbewegte, sandführende Luftschicht hinauswächst, die Sandbank der gesteigerten Erosion des gestauten Wassers nicht mehr standhält usw.), hört die Selbstverstärkung auf; es tritt wieder ein Ruhezustand ein. Die Selbstverstärkung stellt also einen das gestörte Gleichgewicht wieder herstellenden Ausgleichsvorgang vor. — Nur solche Verstärkungen einer Erscheinung in der Natur fallen unter den besprochenen Begriff, die mit der Herstellung immer günstigerer Bedingungen und der Herbeiführung eines Ausgleiches einhergehen. Wo dies nicht der Fall ist, liegt eine einfache Vermehrung oder Addition vor, die von der Selbstverstärkung zu trennen ist (z. B. die einfache Vermehrung der Organismen). — Die Aufstellung des Prinzipes der Selbstverstärkung ermöglicht, alte, oft beobachtete Tatsachen unter einheitlichem Gesichtspunkte formelhaft zu fassen.

B. Brandt.

Die Vegetation des westlichen Kleinasiens. 1. Der Wald (*A. Philippson*, Peterm. Mitt. 1919 Sept.-Okt.-Heft). Drei Klima- und Vegetationsprovinzen stoßen im westlichen Kleinasien zusammen: *das innere Hochland* mit kontinentalem, die *ägäische Abdachung* mit mediterranem und die die *propontische* mit pontischem, dem mitteleuropäischen genähertem Klima. Mitteleuropäische Verhältnisse herrschen auch in den Gebirgen sämtlicher Regionen. Das Vorherrschen von Silikatgesteinen — im Gegensatze zum Kalkreichtume der meisten Mittelmeerländer — wirkt waldbodenfördernd. Das ursprünglich bis auf die Steppen zusammenhängende Waldkleid ist durch noch jetzt übliche Waldverwüstung in Flecken aufgelöst, die überdies an ihren oberen Rändern durch den Viehtrieb gelichtet werden, so daß Wald- und Baumgrenze schwer unterscheidbar sind. In Gegenden reichlichen und gleichmäßigen Niederschlages erneuern sich Waldboden und Wald (propontische und Gebirgsregionen); im mediterranen Gebiet, wo die diluvialen Verwitterungsböden nach der Entwaldung abgespült werden, ist der Verlust ein endgültiger. Der Wald der propontischen Provinz ist hochstämmig, dickichtreich und urwaldmäßig (Wölfe, Bären, die schon Kaiser Hadrian hier jagte); dickichtlos und hochstämmig sind die übrigen Bergwälder, licht und dürftig die Wälder im Bereiche des Mittelmeerklimas. Aus der Fülle der im Laufe ausgedehnter Reisen gesammelten Einzelbeobachtungen ergeben sich folgende Daten von allgemeiner Wichtigkeit:

Baum	Verbreitung	Standort	Bestand	Untere Grenze	Obere Grenze
Kiefer Aleppokiefer Schwarzkiefer	überall mediterr. Prov. inneres Hochland	niedrige Lage Gebirge	rein, gemischt Wald Wald		Baumgrenze
Pinie	mediterr. Prov.	Gebirge	Wald	selten am Strande	700
Tanne mehrere Arten	nördl.propont.Prov. fehlt in den südl. Gebirgen	Gebirge	Wald, rein u.m.Kiefer u.Buche	1000 einzelne von 700 an	Baumgrenze
Wacholder 6 Arten	südl. Kleinasien	Gebirge	hochstämmige Wälder; oberhalb derBaumgrenze als Kniehołz	1000. selten niedriger	Baumgrenze
Eiche 14 Arten (Wälder immergrüner Eichen fehlen)	weit verbreitet; nördl. propont. Provinz ++ AegäischeGebirge+ Hochlandgebirge	vorwiegend in den Gebirgen	Wälder, rein oder mit Buchen und Kiefern	500 (stellenweise 100)	1500 1000
Knoppereiche (Q. aegilops L.) Gerbmittel enthaltend, geschont	südl. ägäische Provinz, auch im Übergangsgebiet zur Steppe	Ebenen, untere Bergregionen	einzeln, zerstreut, Haine, lichte Wälder		1000
Waldbuche	propont. Prov. Hochlandgebirge	Gebirge	Wald, rein oder mit Tanne, Kiefer und Eiche. An der Baumgrenze buschförmig	von NW 300 nach SO 600— 700 höher 1200—1300 steigend 1700!	Baumgrenze
Edelkastanie	propont. Prov.; ägäische Prov. nicht im Süden	untere Bergregionen	reine Waldungen	300	1200

Oberhalb der Wälder herrscht in geringer Entfernung von der theoretischen Schneegrenze Mattenvegetation.

B. Brandt.

Beiträge zur Vogelfauna der Mark Brandenburg. (*Schalow, Hermann,* Materialien zu einer Ornithologie der norddeutschen Tiefebene, auf Grund eigener Beobachtungen und darauf gegründeter Studien. Deutsche Ornithologische Gesellschaft, Berlin 1919.) Professor *Hermann Schalow*, der erste Vorsitzende der Deutschen Ornithologischen Gesellschaft, hat die Ergebnisse seiner langjährigen Studien über die Ornis und die Ornithologie der Mark Brandenburg in einem Werk zusammengefaßt, das eine völlig neue Erscheinung auf diesem Gebiet darstellt. In der Einleitung gibt der Verfasser einen prachtvollen Überblick über die Bodenverhältnisse, die Gewässer, die Pflanzenwelt und die kulturelle Entwicklung der Mark. Das Kapitel „Geschichte der faunistischen Ornithologie in Brandenburg" entrollt ein eingehendes Bild vom Werdegang der ornithologischen Disziplin in der Mark vom 13. Jahrhundert, in dem der Dominikanermönch *Albertus Magnus* als Erster den Weg zur Erforschung des Lebens der Vögel wies, bis zur Neuzeit. Eine „Bibliographie" führt die Titel aller bisher von brandenburgischen Forschern veröffentlichten ornithologischen Arbeiten auf, während ein „systematisches Verzeichnis" alle in der Mark Brandenburg nachgewiesenen Vogelarten zusammenstellt. In einem besonderen „faunistischen Teil" werden alle Vogelarten noch einmal eingehend besprochen mit genauen Angaben ihres Vorkommens als Brutvogel, Zugvogel oder Irrgast sowie besonders interessanter biologischer Beobachtungen. So werden z. B. mit genauer Quellenangabe alle Daten angeführt, die für das Vorkommen des Steinadlers, Würgefalks, Uhus, der Sperbereule, des Bienenfressers, Polartauchers, Sturmvogels und anderer seltener Vögel in Brandenburg verbürgt sind. Der Abschnitt „Geschichtliche Notizen" macht uns mit den Verordnungen bekannt, die schon in älterer Zeit zur Erhaltung und zum Schutz der Vögel erlassen sind. So belegte ein Edikt des Markgrafen Johann Sigismund das Töten des Schwans, Auerhuhns, Kranichs, der Trappe und verschiedener anderer Vögel mit hohen Geldstrafen. Eine Verordnung vom 25. August 1686 verbot das Fangen von Nachtigallen. Das Buch enthält ferner eine Liste der märkischen Vogelsammlungen, die sich in öffentlichen Anstalten und in Privatbesitz befinden, deren Entstehung, Umfang und Bedeutung, unter besonderer Berücksichtigung der seltenen und besonders interessanten Arten, näher besprochen wird. In einem weiteren Abschnitt „Folkloristische Mitteilungen" macht uns der Verfasser mit den in den Volksdialekten wurzelnden Trivialnamen der Vögel und den Sagen, die sich an die Vogelwelt knüpfen, bekannt und geht hierbei bis in die Zeit der alten Wenden zurück. Diese folkloristischen Angaben verdienen ganz besondere Beachtung, da sie in der ornithologischen Disziplin noch niemals in einer so eingehenden und vollendeten Weise zusammengestellt sind. Sie bilden eine völlige Neuheit auf ornithologischem Gebiet, die auch für den Sprachforscher viel Interessantes und Wertvolles enthält. Am Schluß seines Werkes zeichnet der Verfasser die Lebensbilder einiger hervorragender märkischer Ornithologen aus dem 17., 18. und 19. Jahrhundert. Diese Biographien sind durch wohlgelungene Porträts vervollständigt. Außerdem enthält das Buch Abbildungen vom Nest der Graugans, des Kranichs und des schwarzen Storches, die nach photographischen Aufnahmen von

Nistplätzen in der Mark Brandenburg hergestellt und geradezu Meisterwerke in ihrer Art sind. Die Nester selbst und die für ihren Standort charakteristische Landschaft kommen in prachtvoller Weise zur Geltung. Das Titelblatt ist mit einem Bildnis des Verfassers ausgestattet, der sich mit dem inhaltreichen, in seiner Weise einzig dastehenden Buche ein dauerndes Denkmal gesetzt hat. Professor *Schalow* hat mit seinen „Beiträgen zur Vogelfauna der Mark Brandenburg" ein klassisches Werk geschaffen, das nicht nur einen Eckpfeiler in der ornithologischen Literatur bildet, sondern zugleich dem Geographen und Historiker viel Interessantes bietet, für die Sprachforschung und Sagenkunde großen Wert hat und infolge seines reichen und vielseitigen Inhalts und durch die fesselnde Darstellungsweise auch für den Laien außerordentlich lehrreich und anregend ist. Mit besonderer Freude ist es zu begrüßen, daß das Werk in einem äußeren Gewande erschienen ist, das die Ansprüche der heutigen Zeit weit übertrifft. Die Beschaffenheit des Papiers, der Druck der Schrift und der Abbildungen sowie der Einband sind hervorragend gut und versetzen den Leser in die frühere Zeit zurück, in der unser wirtschaftliches Leben noch in voller Blüte stand.

Friedrich von Lucanus.

Über faunistische Prinzipien. Seitdem der Begriff „Lebensgemeinschaft" dauerndes Eigentum der Wissenschaft vom Leben geworden ist, sucht man nach den Gesetzen, die die Zusammensetzung jeder Lebensgemeinschaft (Biocönose) bestimmen und beherrschen. Dies Problem der „faunistischen Prinzipien" hier zu behandeln gibt Veranlassung eine in Neuenburg (Schweiz) als Dissertation erschienene Arbeit (*A. Monard*, La faune profonde du lac de Neuchâtel — Bull. d. l. Soc. neuchât. des sc. nat. t. *XLIV*, 1919). Wie der Titel der Abhandlung zeigt, geht *M.* aus von der Tiefenfauna des Neuenburger Sees. Ihr werden die Faunen der umfassenderen Lebensräume gleicher Art gegenübergestellt: die Gesamtfauna des Sees und weiter die Fauna sämtlicher Schweizer Seen. Es werden zahlenmäßig verglichen die Gattungen der einzelnen Tiergruppen in den verschiedenen Lebensräumen und die Arten. Die Bezeichnung „generischer Koeffizient" wird eingeführt. Verfasser versteht darunter das Verhältnis der Zahl der Gattungen zur Zahl der Arten einer bestimmten Tiergruppe im bestimmten Lebensraum und kommt zu dem Ergebnis, daß der generische Koeffizient größer wird, je einförmiger das Milieu, d. h. die Gesamtheit der Lebensbedingungen wird. Das 1. Prinzip selbst — es werden ihrer drei aufgestellt — spricht *M.* etwa so aus: In einem einförmigen Milieu, beschränkt nach Zeit und Raum, herrscht das Bestreben, daß jede Gattung nur in e i n e r Art vertreten sei. Zwei Zusätze besagen folgendes: 1. Wenn das Bestreben nach „unité spécifique" nicht vollständig verwirklicht ist, kennzeichnet es sich dennoch durch das Vorherrschen und Überwiegen e i n e r Art auf Kosten ihrer Gattungsgenossen. 2. Die Saisonvariationen einer Fauna äußern sich derart, daß die Arten einer Gattung sich zeitlich folgen, und daß jede eine bestimmte Zeitperiode charakterisiert. So klar und einleuchtend das Prinzip von der „tendence à l'unité spécifique" — im Deutschen durch einen entsprechenden kurzen Ausdruck schwer wiederzugeben — auch zu sein scheint, es hat einen Fehler: er ist nicht allgemein genug, um als Grundprinzip gelten zu können. Viel allgemeiner hat *Thienemann* (Lebensgemeinschaft und Lebensraum. — Naturw. Wochenschrift 1918 N. F. *XVII.* Bd. Nr. 20/21) ungefähr dasselbe, was in vorgenannten 3 Sätzen gesagt werden soll, gesetzmäßig ausgesprochen: „Je mehr sich die Lebensbedingungen eines Biotops (Lebensstätte) vom Normalen und für die meisten Organismen Optimalen entfernen, um so artenärmer wird die Biocönose, um so gleichförmiger und um so charakteristischer wird sie. in um so größerem Individuenreichtum treten die einzelnen Arten auf."

Monards Prinzip greift einen bestimmten Fall heraus, in dem noch der Gattungsbegriff hinzugenommen wird, ein Begriff, der rein logischen Ursprungs, also gewissermaßen willkürlich geschaffen ist. Daß im „generischen Koeffizienten" das Problem zahlenmäßig erfaßt wird und so die Gesetzmäßigkeit den kürzesten und klarsten Ausdruck erfährt, ist das am meisten ins Auge springende Ergebnis der Monardschen Arbeit. Das 2. Prinzip, das Verfasser aufstellt, nennt er das von der Durchdringung (pénétration) der Faunen. Hier mißt er einem ganz natürlichen, in seiner Wirkung mehr oder weniger nebensächlichen Vorgang die Bedeutung eines biologischen Grundgesetzes bei. In demselben Maße als bei zwei benachbarten Lebensräumen die sie charakterisierenden Eigenarten an den örtlichen Grenzen sich verwischen und ineinander übergehen, ebenso werden natürlich ihre Bewohner in dem Bestreben, ihr Wohngebiet zu vergrößern, ins Nachbargebiet überwandern und so werden die beiden getrennten Faunen in diesen Grenzzonen sich gegenseitig durchsetzen und vermischen. *M.* schießt da weit übers Ziel hinaus, wenn er das Gesetz aufstellt, daß zwei benachbarte Räume bewohnende Faunen, die nicht durch unüberschreitbare Hindernisse getrennt sind, das Bestreben haben sich gegenseitig zu durchdringen. Eine ähnliche Beurteilung dürfte für *Monards* 3. Gesetz, das Prinzip von der „substitution des faunes", auszusprechen sein. Es geht nicht an, aus einigen vereinzelten Fällen eine Gesetzmäßigkeit herleiten zu wollen, zumal wenn diese der Mehrzahl der bisherigen Erfahrungen widerspricht. Der Fall, den *M.* verallgemeinert, tritt nur unter ganz besonderen Voraussetzungen ein, d. h. von zwei sich nahestehenden Arten wird im Kampf um die Vorherrschaft in einem neuen Lebensraum nicht immer der Kosmopolit (d. h. die Art mit dem weitesten Anpassungskreis) den Sieg davontragen und die andre Art ausmerzen, sondern das wird nur dann der Fall sein, wenn jener andern Art die neuen Lebensbedingungen nicht zusagen. Andernfalls wird sie schließlich es zur Massenentwicklung bringen auf Kosten der ersten.

Fr. Lenz.

Hermaphroditismus bei Triton cristatus. *Krizenecky* (Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 42) fand in den Hoden eines das Brunstkleid tragenden Triton cristatus unter normalen Spermatogonien und reifen Spermien zahlreiche Eier. Er gelangte zu der Überzeugung, daß in diesem Falle die Eier ihren Ursprung aus dem Hodenepithel genommen haben. Das würde bezeugen, daß der sexuelle Charakter der Gonaden nicht fest vorausbestimmt, sondern veränderlich ist, wohl unter dem Einfluß äußerer Faktoren. Außerdem zeigt der Fall *K.s*, daß zwischen der Produktion der Gameten und den äußeren sekundären Geschlechtscharakteren kein Zusammenhang besteht, was auch für den Menschen gelten soll.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Theting.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 18. (Seite 333—356) **30. April 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Die Anatomie im Dienste der Psychiatrie. Von *W. Spielmeyer, München.* S. 333.

Die Definition des Lebewesens auf Grund seiner thermodynamischen Eigenschaften und die daraus folgenden biologischen Grundprinzipien. Von *Erwin Bauer, Göttingen.* S. 338.

Mechanische Probleme bei der Bildung kristalliner Schiefer. Von *O. H. Erdmannsdörffer, Hannover.* S. 340.

Dampfturbinen mit Reduktionsgetrieben. Von *H. Treitel, Berlin.* (Mit 2 Abbildungen.) S 345.

Zuschriften an die Herausgeber:

Über die physikalischen Voraussetzungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Von *Hans Reichenbach, Berlin-Lichterfelde.* S. 349.

Geographische Mitteilungen:

Die geographischen Grundlagen für den Bedarf an Motorpflügen auf der Erde. Höhlen der Rheinpfalz. Der Norden von Portugiesisch-Ostafrika. NW-Amazonien. Neuere Anschauungen über den Aufbau der Erdkruste. S. 349—352.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Die Polflut in der Nord- und Ostsee. Die Durchforschung der Erdrinde und ihre Nutzbarmachung im Berg- und Tiefbau. Die Energieverteilung in den Spektrallinien. Über die Energieverteilung im sichtbaren Spektrum der Azetylenflamme. Das Reflexionsvermögen von Wolfram bei Glühtemperaturen. Gasverbrauch in den deutschen Städten. Kurze starke Regenfälle in Bayern. Wolkenauflösung durch ein Flugzeug. Die Zusammensetzung der Atmosphäre. S. 352—356.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.

Binokulares Mikroskop mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren

Mikrophotographische und Projektionsapparate

Mikrotome, Lupen und Lupenmikroskope ❖ Prismenfernrohre.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 18.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.80.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C. Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser, Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Lichtbilder
für Projektion
aus allen Gebieten der Wissenschaft, Kunst, Völkerkunde etc.
Projektionsapparate
A. Krüss
Optisch-Mechanische Werkstätten
Inhaber: Prof. Dr. **Hugo Krüss,**
Hamburg 11.

Zoologische Station Büsum, Nordsee.
Laboratorien Arbeitsplätze
Ferienkurse Aquarium
Präparate Lehrmittel
Seetierversand (198
Verlag der
„Schriften der Z. S. B. für Meereskunde".
Drucksachen auf Wunsch.

Gross-Schmetterlinge der Erde
von Prof. Dr. Ad. Seitz.
Die Palaearkten sind vollständig.

Bd. I Tagfalter kostet gebunden 120 M.
„ II Spinner u. Schwärm. „ 96 „
„ III Eulen „ 108 „
„ IV Spanner „ 72 „
Zur **Erleichterung der Anschaffung** liefere ich jeden einzelnen Band oder mehrere oder alle Bände gegen 10% ige Monatsraten. Anfragen erbeten an
HERMANN MEUSSER, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75.

Handmikroskopie u. Modellmotore
für Unterrichtszwecke **zu kaufen gesucht.**
Dr. Schulz, Hildesheim, Immengarten 3.
(200)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9
Altes und Neues
aus der Unterhaltungsmathematik
Von **W. Ahrens** in Rostock
Mit 51 Textfiguren. Preis M. 5.60
(Hierzu Teuerungszuschläge)

Die Naturwissenschaften
1915, 1916
zu kaufen gesucht.
Angebote unter **Nw. 167** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (167

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 30. April 1920. Heft 18.

Die Anatomie im Dienste der Psychiatrie[1]).

Von W. Spielmeyer, München.

In der Medizin hat die pathologische Anatomie eine führende Stellung. Ihr kommt es zu, die Eigenart der Krankheitsprozesse und deren Wesen zu erforschen und sie soll weiter eine Erklärung der klinischen Erscheinungen geben. Für die Verschiedenartigkeit der einzelnen Krankheitsformen eines Organs sucht sie nach einer Deutung aus den Gewebsveränderungen. Sie ist in erster Linie maßgebend in der Frage der Abgrenzung der mannigfaltigen Krankheiten voneinander. An einer festgestellten anatomischen Tatsache ist nicht zu rütteln, gleichviel, ob sie mit unseren Beobachtungen am Lebenden im Einklang oder im Widerspruch steht, ihrer Wucht haben sich Beobachtungen und Auffassungen zu beugen. Und wenn auch die Anatomie gewiß lange nicht alles in der Klärung krankhaften Naturgeschehens zu leisten vermag, wenn sie auch lange nicht überall die erste und letzte Instanz in der Pathologie und damit in dem weiten Reiche der Biologie sein kann, so bleibt sie doch das sichere Fundament für klinische Forschung und Lehre.

In der Psychiatrie ist das anders — ist das heute noch nicht so. Wir besitzen noch nicht eine Anatomie der Psychosen, wie wir eine pathologische Anatomie etwa der Leber oder des Auges haben. Wir sind erst im Beginne der Arbeit und sind noch lange nicht so weit, daß wir die einzelnen Krankheitsformen nach histopathologischen Prinzipien ordnen und nach anatomischen Gesichtspunkten in ein System bringen könnten. Lassen wir die mehr erkenntnistheoretischen Erwägungen außer Betracht, inwieweit das bei den Geistesstörungen überhaupt jemals möglich ist, an der Tatsache, daß die Anatomie der Großhirnrinde berufen ist, an der Förderung der Psychiatrie erfolgreich mitzuwirken, kann heute füglich nicht gezweifelt werden. Den Beweis ihrer Leistungsfähigkeit hat sie in dem kurzen Zeitraum ihres Bestehens erbracht. Ich brauche nur den Namen des Mannes zu nennen, den wir das kurze Glück hatten, mitten unter uns wirken zu sehen und dessen Tod uns in der Histopathologie der Großhirnrinde führerlos gemacht hat — den Namen *Nissl*.

[1]) Vortrag, gehalten anläßlich der Jahressitzung der Deutschen Forschungsgesellschaft für Psychiatrie am 3. Januar 1920 in München.

Es sind noch nicht zwei Jahrzehnte, daß wir den Grundstock zu einer Anatomie der Geisteskrankheiten haben. Gewiß reichen die ersten Bemühungen darum weiter zurück. Als sich die Psychiatrie von einer moralisierenden Betrachtungsweise und von unfruchtbaren psychologischen Spekulationen frei gemacht hatte und eine wirkliche Naturwissenschaft geworden war, wurde von führenden Vertretern der Irrenheilkunde die Notwendigkeit der Erforschung des Organs der seelischen Funktionen klar erkannt. Die rasch aufblühende Nervenheilkunde nahm die Psychiatrie ins Schlepptau; und der hervorragendste deutsche Irrenarzt im Beginne der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, *Griesinger*, behandelte sie wie einen Zweig der Neurologie. Es kamen in den 60 er und 70 er Jahren die epochemachenden Entdeckungen auf dem Gebiete der Lokalisation des Großhirns. Die Tatsache, daß eine umschriebene Schädigung der linken Großhirnhemisphäre regelmäßig den Verlust der Sprache nach sich zieht, die Entdeckung *Hitzigs* von der elektrischen Erregbarkeit bestimmter Zonen des Großhirns und damit der Nachweis von Zentren für die Bewegung, waren natürlich von nachhaltigem Einfluß auf die Bestrebungen der Irrenärzte, durch eine Klärung des Baues und der Verrichtungen des Gehirns das Verständnis für das Irresein anzubahnen. Von der Anatomie hat man Jahrzehnte hindurch alles Heil auch für die Psychiatrie erwartet. Was hier *Gudden* und *Meynert*, *Wernicke* und *Flechsig*, *Forel* und *von Monakow* geleistet haben, wird immer ein Ruhmestitel deutscher Irrenärzte bleiben. Aber die Psychiatrie hatte davon keinen Nutzen; sie erfuhr jedenfalls keine unmittelbare Förderung dadurch. Die so erfolgreichen Arbeiten brachten eine außerordentliche Erweiterung der Kenntnis der normalen Anatomie und der Physiologie der Zentralorgane, und die Nervenheilkunde verdankt ihnen ihre rasche und glänzende Entwicklung. Aber eine Klärung des Wesens der Geisteskrankheiten bahnten jene Untersuchungen nicht an. Man braucht auch nicht zu verschweigen, daß die beständige Beschäftigung mit der Verfolgung einzelner Bahnen und Faserzüge im Zentralnervensystem und die Erforschung der Verknüpfungen zwischen den Großhirnprovinzen untereinander und mit dem übrigen Nervensystem manchen anatomisch erfolgreichen Forscher dazu verführten, an die grob anatomischen Befunde weitgehende Erwägungen über die Lokalisation von seelischen Fähigkeiten zu knüpfen und bestimmte

psychische Leistungen in bestimmte Rindengebiete zu verlegen. Diese Verkennung der Beweiskraft anatomischer Befunde mußte die histologischen Bemühungen stark diskreditieren, und wie es immer geht, folgte der anfänglich übergroßen Hoffnung auf die Anatomie der Rückschlag; es wurde schließlich jede Beschäftigung mit der Histopathologie des Nervensystems als etwas für die Psychiatrie Nutzloses verachtet.

Es ist natürlich bequem, rückschauend die Fehler zu nennen, welche andere vor uns gemacht haben. Daß die anatomische Forschung anfangs auf Nebenwege geriet, welche nicht zu den eigentlichen Zielen der Psychiatrie führten, und daß sie auch falsche Bahnen einschlug, hängt vor allem mit dem damaligen Stande der klinischen Psychiatrie und mit der Unzulänglichkeit der anatomischen Hilfsmittel zusammen. Denn jeder Fortschritt histologischer Kenntnis ist und bleibt auf das allerinnigste mit der Ausbildung der Untersuchungsmethoden verbunden, die uns Einblick in die verwickelten Gewebsstrukturen geben sollen.

Man arbeitete lange Zeit hindurch mit einer Methode, bei der färberisch die Nervenzellen und -fasern und auch die nicht nervösen Gewebsteile in einem im wesentlichen gleichen Farbton zur Darstellung gebracht werden (Carminfärbung). Das wurde anfangs der 80er Jahre anders. Damals gab *Weigert* ein Verfahren zur gesonderten Darstellung der *Nervenfasern* bzw. ihrer Markhülle an; und bald darauf teilte *Nissl* eine Methode mit, die noch heute die allerwichtigste in der Rindenpathologie ist, nämlich seine Methode zur Darstellung der *Nervenzellen*. Damit waren die wichtigsten Formbestandteile im Zentralnervensystem der histologischen Analyse zugänglich. Man durchforschte die Gehirnrinde verblödeter Kranker mit der Weigertschen Nervenfaserfärbung und fand Ausfälle in den verschiedenen Zonen und Geflechten markhaltiger Nervenfasern, welche die Hirnrinde durchziehen. Man strebte besonders danach, hier qualitative Unterschiede in den Ausfällen z. B. bei der Paralyse im Gegensatz zu anderen Verblödungsprozessen zu ermitteln. Aber das gelang nicht recht. Denn im allgemeinen bringt das Nervenfaserbild lediglich den Defekt zum Ausdruck und nur selten etwas von den Besonderheiten in der Art der zerstörenden Krankheitsprozesse. Es ähneln sich so die Rindenbilder mannigfacher Krankheiten in weitgehendem Maße. — Aussichtsvoller schien es, mit *Nissls* Methode die verschiedenartigen Nervenzellen der Großhirnrinde auf ihre Veränderungen zu prüfen. Während die Nervenfasern an sich schon im normalen Zustande recht monoton in ihrer Struktur und nur ganz wenig voneinander verschieden sind, ist das bei den Zellen anders. Es gibt ungeheuer zahlreiche Formen der Nervenzellen; und wenn man nur die Gebilde der Hirnrinde in Betracht zieht, lassen sich schon außerordentliche Unterschiede bezüglich der äußeren Gestalt und des inneren Aufbaues feststellen. Die Hoffnungen, die man auf die Zellfärbung setzte, wuchsen, als *Nissl* seine Untersuchungen über die Zellveränderungen bei experimenteller Vergiftung mitteilte — Untersuchungen, die zu den klassischen in der Medizin gehören. Es stellte sich heraus, daß die einzelnen Gifte keineswegs immer alle Nervenzellen des Zentralorgans in Mitleidenschaft ziehen, sondern daß das eine oder andere Gift eine spezielle Affinität zu bestimmten Nervenzellgruppen hat; d. h. daß der Angriffspunkt des Giftes im Zentralorgan ein verschiedener ist, je nach der Art des Giftes. Dazu kam weiter, daß sich die Veränderungen an diesen Nervenzellen bei den einzelnen Giften weitgehend voneinander unterscheiden, daß also das Degenerationsbild, welches die untergehende Nervenzelle aufweist, für das betreffende Gift mehr oder weniger charakteristisch ist. So lag es nahe zu hoffen, daß man vielleicht auch für die verschiedenen Psychosen spezifische Nervenzellenveränderungen finden möchte; und in dieser Richtung wurde emsig gesucht. Aber solche Vermutungen erwiesen sich als falsch; es zeigte sich, daß eine einzige Krankheit, wie die Paralyse, ungefähr alle die pathologischen Umwandlungen der Nervenzelle erzeugen kann, die wir kennen.

Nissl wies den Weg aus dieser Wirrnis, in welche das einseitige Suchen nach diagnostischen *Einzelmerkmalen* geführt hatte. Nicht das Nervenfaserbild allein, nicht das Nervenzellbild allein, sondern die Summe der Veränderungen aller Gewebsbestandteile erst gibt die Grundlage für die anatomische Erkennung des betreffenden Prozesses; aus dem Gesamtbilde heraus stellen wir die Diagnose — genau so, wie wir ja auch in der klinischen Medizin nicht nach einem Einzelsymptom fahnden, sondern aus der Verknüpfung der Krankheitserscheinungen und aus ihrer Entwicklung die Diagnose ableiten.

Wenn dies in der somatischen Medizin seit langem gilt, so war es doch in der Psychiatrie wiederum keine Selbstverständlichkeit. Auch die *klinische* Psychiatrie der damaligen Zeit wurde beherrscht von der einseitigen Tendenz, nach *Einzelsymptomen* die Krankheit abzugrenzen und zu benennen; und so zeigt sich gerade darin, daß — wie ich vorhin schon andeutete — die Art der anatomischen Betätigung auf das innigste zusammenhing mit dem Stande klinischer Psychiatrie. Die innere Medizin hatte die Epoche längst hinter sich, wo man Gelbsucht und Wassersucht diagnostizierte, als wenn das Krankheiten wären und nicht Symptome oder Symptomenkomplexe. In der klinischen Psychiatrie dagegen sprach man von Tobsucht, Verfolgungswahn, Verwirrtheit usw. als von Krankheiten. Mit dieser Art symptomatologischer Psychiatrie räumte *Kraepelin* Mitte der 90er Jahre endgültig auf und schuf eine wirklich *klinische* Psychiatrie. So wurde *das Ziel psychiatrischer Forschung:* die Herausarbeitung von Krankheiten, welche gleiche Ur-

sachen, gleiche psychologische Grundform, gleichen Verlauf und Ausgang und gleichen anatomischen Befund haben. Der Begründer der Anatomie der Geisteskrankheiten, *Franz Nissl*, sieht in diesem Wandel psychiatrischer Forschung durch *Kraepelin* den eigentlichen Anstoß für die Art histopathologischer Forschung, wie sie seitdem von ihm betrieben wurde — von ihm und von *Alzheimer*, dessen Name unlöslich mit dem seinen verknüpft ist.

Im Rahmen der klinischen Psychiatrie ist die Aufgabe der pathologischen Anatomie, zu dem Gesamtbilde einer psychischen Krankheit die besondere Art des Hirnbefundes zu ermitteln. So strebt sie dem höheren Ziele zu, die einzelnen Psychosen voneinander abgrenzen zu helfen und deren Erkennung zu sichern.

Der Wert, den eine solche mit der klinischen Forschung Hand in Hand gehende Anatomie für die Psychiatrie hat, wird klar, wenn wir bedenken, daß wir von den Ursachen geistiger Störung doch nur außerordentlich wenig wissen, daß die krankhaften seelischen Erscheinungen in ihrer Kompliziertheit unseren Untersuchungsmitteln so überaus schwer zugänglich sind, wenigstens im Vergleich mit den Störungen der Körperorgane, für deren Nachweis wir im allgemeinen exakt arbeitende Methoden besitzen. Wir brauchen uns auch nicht zu verhehlen, daß sich die psychopathologische Analyse vielfach auf dem etwas schwankenden Boden einer recht subjektiven Beurteilung bewegt. Aus alledem begreift man, eine wie große Bedeutung positiven anatomischen Feststellungen gerade in der Psychiatrie zukommen muß. In einer solch hohen Einschätzung der Leistungen der Anatomie stimmt unser Urteil ganz zu dem so hervorragender Forscher wie *Oscar* und *Cécile Vogt*. Sie haben erst vor kurzem betont, daß die anatomische Veränderung die Resultante aller pathogenen Faktoren, exogener und endogener Natur und aller defensiv und regenerativ wirkenden Kräfte des erkrankten Organs ist. „Sie ist also ein präziser Ausdruck für alle Faktoren, welche den pathologischen Prozeß im Einzelfall bestimmen. Diese Tatsache verleiht der pathologischen Anatomie ihren überwiegend klassifikatorischen Wert auch gegenüber der Ursachenlehre."

Welche Dienste hat nun die Anatomie auf diesem Gebiete bereits geleistet? Histopathologisch gut gekannt und anatomisch diagnostizierbar sind heute erst die progressive Paralyse, die verschiedenen Formen syphilitischer Psychosen, das arteriosklerotische Irresein, der Altersschwachsinn und seine atypische Form, die Alzheimersche Krankheit und besonders auch manche Gruppen aus der Idiotie. Bei der Epilepsie beginnen wir einzelne Prozesse aus diesem, offenbar mehrere Krankheiten umfassenden Gesamtgebiet abzugrenzen, und außerdem kennen wir noch einige seltenere Krankheitsformen, die bisher noch keine praktische Bedeutung haben, mit Ausnahme gewisser, von *Kraepelin* klinisch abgegrenzter perniciöser Prozesse, die im Rückbildungsalter auftreten.

Vergleichen wir damit die Menge der Psychosen, deren anatomische Korrelate wir nicht kennen, so ist allerdings die Zahl solcher anatomisch bestimmbarer Prozesse recht klein. Und doch bedeutet diese Zahl einen ganz außerordentlichen Fortschritt gegenüber früher, wo wir nicht einmal die Paralyse zu diagnostizieren vermochten. Erst seit dem Jahre 1904 haben wir eine anatomische Diagnose der progressiven Paralyse; *Nissl* und *Alzheimer* haben sie uns gelehrt. Gerade *Alzheimers* Arbeit ist ein überzeugendes Beispiel dafür, wie die Anatomie der Hirnrinde in der Zusammenarbeit mit der klinischen Psychiatrie bedeutende Erfolge zu erzielen vermag. *Alzheimer* wollte das anatomische Substrat der Paralyse erforschen; dabei mußte er natürlich alle die Krankheiten in Rücksicht ziehen, welche ihr klinisch ähnlich sehen können und für die klinische Differentialdiagnose Bedeutung haben, also besonders die Gehirnsyphilis, das arteriosklerotische Irresein, alkoholische Seelenstörungen u. a. Und so gelang es ihm, nicht allein das histologische Gesamtbild der Paralyse zu umschreiben, sondern auch die Grundtatsachen des anatomischen Korrelates der genannten Krankheiten zu erforschen. Damit sind wir denn heute in der Lage, überhaupt einmal das abzusondern, was nicht zu jenen, jetzt gut gekennzeichneten Krankheiten gehört.

Es ist ohne weiteres zuzugeben, daß sich nach den anfänglich raschen Erfolgen in der Rindenpathologie unsere Hoffnungen auf eine gleichmäßig weiter schreitende Erforschung anderer Krankheiten nicht in befriedigender Weise erfüllt haben. In den letzten 10 Jahren haben sich die Fortschritte auf diesem Gebiete verlangsamt, und manchen hat das wieder entmutigt. Und doch haben wir keinen Grund zur Resignation. Jeder, der nicht nur von ferne zuschaut, sondern in der tagtäglichen Beschäftigung mit diesen Dingen steht, wußte, daß die anatomische Forschung in der Psychiatrie nicht in dem anfänglichen Tempo zu weiteren Erfolgen würde fortschreiten können. Wir sind uns durchaus bewußt, daß das, was wir finden, im allgemeinen noch nicht das Wesen der Prozesse ausmacht, daß es sich vielfach nur um äußere Merkmale handelt, die — glücklicherweise — den einen oder anderen Prozeß in sinnfälliger Weise kennzeichnen. Ich denke da nur an die arteriosklerotische Hirnerkrankung, bei der die außerhalb des nervösen Gewebes sich abspielenden Veränderungen an den Blutgefäßen die hervorstechendsten Krankheitszeichen sind und wo wir leicht die Schädigungen des nervösen Gewebes auf die Gefäßerkrankung und die Ernährungsstörung beziehen können. Und ich führe weiter die Paralyse an, bei der im Vordergrund des mikroskopischen Gesamtbildes die Entzündung steht. Es wird umfangreicher histologischer und histopathologischer Unter-

suchungen bedürfen, um unsere Kenntnis von den feineren Gewebsstrukturen der Hirnrinde und ihrer krankhaften Umwandlungen zu erweitern. Gewiß verfügen wir beim Gehirn mehr als bei irgendeinem anderen Organ über feinste Untersuchungsmethoden, die uns einzelne Gewebsteile sichtbar machen. Zu den vorhin schon erwähnten Verfahren sind eine ganze Reihe von anderen hinzugekommen, welche von großem Werte sind; ich nenne nur die *Bielschowsky*sche Methode zur Darstellung der feinsten marklosen Nervenfasern und der die Zelle durchziehenden Fibrillen. Und doch ist unsere Methodik noch nicht ausreichend, um die letzten nervösen und nicht nervösen Gewebsbestandteile in der Rinde sicher zur Darstellung zu bringen. Daß diese aber von großer Bedeutung für die höheren Leistungen der Hirnrinde sind, geht — ganz abgesehen von *Nissls* Vermutungen darüber — m. E. daraus hervor, daß wir bei schwer verblödeten Kranken oft Nervenfasern und -zellen kaum verändert finden, während mancherlei darauf hindeutet, daß das Zwischen- oder Grundgewebe vorwiegend der Sitz des Krankheitsprozesses ist.

Außerdem aber sind manche unserer Darstellungsverfahren geradezu übertrieben feine Reagenzien — oder richtiger gesagt, das nervöse Gewebe ist so empfindlich, daß daran allerhand allgemeine Schädigungen zum Ausdruck kommen. So bewirkt die zu einer Psychose hinzugekommene tödliche Krankheit oder ein Siechtum vielfach erhebliche Veränderungen; und auch der Tod selbst ist von Einfluß auf das Verhalten der nervösen Elemente. Wir sind also immer in der schwierigen Lage, absondern zu müssen, was von dem abnormen Gewebsbilde tatsächlich mit der Psychose zu tun hat und was auf solche Schädlichkeiten zu beziehen ist.

Die Hindernisse sind, wie und wo sie auch sein mögen, nicht unüberwindbar. Wir dürfen zuversichtlich mit einer stetigen Weiterentwicklung der Anatomie der Geisteskranken rechnen, aber wir müssen uns klar sein, daß noch viele Arbeit zu leisten ist, die rein anatomischer oder allgemein histopathologischer Natur sein muß und der Psychiatrie keinen unmittelbaren Nutzen bringen kann, sondern erst die Grundlage für die späteren anatomisch-diagnostischen Bestrebungen schaffen soll.

Aus den Ergebnissen solcher Vorarbeiten erscheint mir heute schon die Tatsache von nicht zu unterschätzender Bedeutung, daß wir bei einer ganzen Reihe von Geisteskrankheiten *überhaupt etwas Abnormes finden,* das nicht durch körperliche Krankheiten verursacht, sondern auf die Psychose bezogen werden darf, so z. B. bei den jugendlichen Verblödungsprozessen. Wenn wir daran auch noch keine genügenden Anhaltspunkte für eine anatomische Diagnose haben, so besitzen wir doch in solchen Befunden wenigstens einen Teil des anatomischen Korrelats der Seelenstörung. Und das ist für die Frage, ob die Psychose *organisch* oder *funktionell* ist, von Bedeutung. Es wird ja von den Skeptikern gerne gesagt: für die Verblödungsprozesse sei die Anatomie ganz gut, dort könne sie wenigstens den Defekt und vielleicht auch dessen Art feststellen, aber sonst sei sie für die klinische Psychiatrie nichts nütze. Ich vermag nicht einzusehen, weshalb das der Fall sein sollte. Man sollte doch nicht vergessen, daß man vor 20 Jahren der Anatomie geradezu das Recht und die Möglichkeit zur Mitarbeit und Förderung der Psychiatrie absprach. Es hieß damals, man könnte ebensogut nachforschen, was für einen Hut der Geisteskranke getragen habe; mehr Zweck hätte es nicht, das Gehirn zu durchsuchen. Ich glaube, man wäre mit der Befolgung solcher Ratschläge doch nicht so weit gekommen, wie es die Rindenanatomie tatsächlich ist. Aber was sie gefunden hat, wird heute gleichfalls von den Skeptikern wieder als etwas ganz Selbstverständliches hingenommen, als wenn sie damit natürlich gerechnet hätten. Wir wollen doch nicht vergessen, daß man die Dementia praecox noch vor 20 Jahren zu den ausgesprochen funktionellen Psychosen rechnete und daß die Epilepsie mit der Hysterie als Neurose bewertet wurde. Hätte man damals behauptet, man würde bei einem ängstlichen Erregungszustand des Rückbildungsalters einen mit dieser Psychose in ursächlichem Zusammenhang stehenden Befund erheben können, so wäre man einfach nicht ernst genommen worden. Aus der Zusammenarbeit aber zwischen einer wirklich klinischen Psychiatrie und der Anatomie hat sich das ungeheuer große Gebiet der funktionellen Psychosen zugunsten der organischen Krankheiten sichtbar verkleinert. Wir betonen jedoch ausdrücklich, daß die Hilfe der Anatomie im Dienste der Psychiatrie beschränkt ist. Wir sprachen ja eingangs davon, daß das sogar für die Klärung der Probleme innerer Krankheiten gilt. Nur hat es m. E. keinen Zweck, von vornherein die Gebiete abzustecken, wie weit etwa die Dienste der anatomischen Hilfswissenschaft reichen. Nur das weitere Fortschreiten der Forschung wird das entscheiden. Gott sei Dank hat sich herausgestellt, daß die Grenzen früher immer zu eng gezogen worden waren; und so wird es hoffentlich auch jetzt gehen. Ein verzichtendes „Niemals" sollte man jedenfalls in diesem Zusammenhang nicht aussprechen. —

In der Einleitung sagten wir, daß das Hauptziel der Anatomie die Erforschung der besonderen Qualität eines Krankheitsprozesses und seiner Eigentümlichkeiten gegenüber anderen ist und daß sie daneben auch eine Deutung der einzelnen Krankheitszeichen aus der Art und dem *Sitz* des Leidens versuchen soll. In der somatischen Medizin hat sie hier für die Klärung der Einzelerscheinungen bereits vieles erreicht. Am weitesten hat sie es in der Neurologie gebracht: Hier sind wir in der Lage, eine bis ins einzelne gehende *örtliche* Diagnose zu stellen, d. h., die

einzelnen Zeichen auf Läsionen ganz bestimmter Teile des Zentralnervensystems zu beziehen. Denn wir kennen für den größten Teil des Rückenmarks und der tiefen Abschnitte des Gehirns die physiologischen Aufgaben und wissen, daß sie der Sitz bestimmter Leistungen sind. Bei der Großhirnrinde ist das nicht der Fall. Die Verrichtungen der nervösen Bauelemente, der Rindenschichten und -provinzen kennen wir nicht; wir wissen nicht, was sie für das seelische Geschehen bedeuten, und nur soweit sie mit der Körperlichkeit zu tun haben — Zentren z. B. für die Bewegungen und für das Sehen sind —, kennen wir etwas von ihren Verrichtungen. Die Forderung wäre also unmöglich, die anatomische Grundlage für die einzelnen psychischen Krankheitserscheinungen erforschen zu sollen. Das hieße das Problem „Gehirn und Seele" mit untauglichen Mitteln in Angriff nehmen wollen. Wir brauchen nicht zum hundertundsoundsovielsten Male die Frage nach dem Zusammenhang zwischen Körper und Seele aufzurollen — zumal die Antwort bisher immer nur lautete, daß wir noch keinen Weg kennen, der eine erfolgreiche Inangriffnahme dieses Problems gestattet. Ganz unabhängig davon können wir die andere Frage bejahen, ob die Anatomie auch durch die Feststellung der Lokalisation des Prozesses an der Klärung der psychischen Krankheitsprozesse mitwirken kann.

Heute brauchen wir wohl kaum zu fürchten, wieder in das zurückzufallen, was vor etwa 20 Jahren als „Gehirnmythologie" abgelehnt wurde. Wir sind uns bewußt der Enge der Beweiskraft anatomischer Tatsachen für physiologisch-psychologische Dinge. Und noch mehr, wir haben heute die Grundlage für die Lösung anatomisch-lokalisatorischer Aufgaben. *Oscar Vogt* und *Brodmann* und in anderer Weise *Nissl* haben sie geschaffen. Die Hirnrinde hat nicht nur für jene vorhin erwähnten körperlichen Zentren einen mehr oder weniger charakteristischen Bau, sondern auch in allen anderen Teilen. Es gibt außerordentlich zahlreiche Felder in der Hirnrinde, und wir haben alles Recht, aus ihren verschiedenen Strukturen den Schluß auf eine Verschiedenheit der funktionellen Leistungen zu ziehen. Das wird nicht zum wenigsten durch die Ergebnisse der glänzenden Untersuchung *Brodmanns* bewiesen, welcher die Entwicklung bzw. die Rückbildung der einzelnen Felder in der Säugetierreihe verfolgte. Ich erinnere hier nur an das Auftreten des von *Brodmann* umgrenzten Stirnhirntypus und seine Vergrößerung in der aufsteigenden Tierreihe, bis er beim Menschen etwa ⅓ des Hemisphärenhirns ausmacht.

Außer der landkartenartigen Abgrenzung der Felder zeigt die Hirnrinde aber auch noch weitgehende Differenzen im Bau der übereinander gelagerten Schichten. Hier hat *Nissl* bewiesen, daß nur die tiefen Abschnitte, vor allem die beiden untersten Zonen, unmittelbar mit der Körperlichkeit zu tun haben, die anderen dagegen einen eigenen Apparat der Hirnrinde darstellen. Auch hier dürfen wir vermuten, daß die einzelnen, so verschiedenartigen Schichten verschiedenen Funktionen vorstehen.

Es liegt auf der Hand, daß nicht nur die Feststellung der Eigenart des Prozesses zu den Aufgaben der Anatomie im Dienste der Psychiatrie gehört, sondern auch die Ermittlung seines *Sitzes*. Durch die Einbeziehung der Lokalisation in die spezielle Rindenpathologie gewinnt die Aufgabe der Anatomie für die Psychiatrie wesentlich an Bedeutung. Es hat wiederum gar keinen Zweck, vorauszusagen, wie weit man hier in der Klärung der besonderen Eigentümlichkeiten des Gesamtprozesses und seines jeweiligen klinischen Krankheitsbildes oder sogar in der Deutung mancher Krankheitszeichen vordringen kann. Für den Histopathologen der Hirnrinde, der die Grenze seiner technischen Hilfsmittel kennt, werden nur solche Probleme Gegenstand der Forschung sein, für die seine Untersuchungsmethoden tauglich sind. Wenn wir aber sehen, daß bei einem familiären Verblödungsprozeß alle Geschwister dem gleichen fortschreitenden Schwachsinn erliegen, und nur eines davon frühzeitig und durch den Krankheitsprozeß hindurch gesonderte Störungen der Sprache darbietet, so zwar, daß es den Klang der Worte wahrnimmt und nachsprechen kann, deren Sinn aber nicht versteht — wie sollte man da nicht zu der Annahme berechtigt sein, daß der in der Qualität bei allen Geschwistern gleichartige Prozeß eine besondere Betonung in bestimmten Gehirngebieten hat? Wenn manche Paralytiker im Gegensatz zu der Mehrzahl dieser Kranken elektive Störungen der zielbewußten Bewegungen, des Handelns im Sinne *Liepmanns* zeigen, so wird man doch in Anlehnung an *Liepmann* die Schädigung besonderer zentraler Mechanismen durch den paralytischen Prozeß voraussetzen dürfen. Und noch ein Beispiel. Wir kennen zwei Krankheiten, die sich beide in ihrem Zustandsbilde durchaus ähnlich sehen und die doch grundverschiedener Art sind. Die eine ist die auf dem Boden des Alkoholismus entstehende Korssakowsche Psychose und die andere eine häufige Verlaufsform des Greisenblödsinns. Bei beiden Krankheiten wird das Bild von einer schweren Störung des Gedächtnisses beherrscht, die so stark ist, daß die Kranken sich überhaupt nichts mehr merken können. Bei der Verschiedenheit in der Art des Krankheitsprozesses darf man wohl die Möglichkeit nicht von der Hand weisen, daß der Angriffspunkt der grundsätzlich voneinander abweichenden Schädlichkeiten wenigstens anfangs bzw. eine Zeit hindurch etwa der gleiche ist.

Ein Dogma kann die Aufgaben der Anatomie nicht beschränken. Die Erweiterung unserer Kenntnis hängt von der tatkräftigen Überwindung der Mühseligkeiten ab, welche der kompli-

zierte Bau des Gehirns und auch seine Größe und Ausdehnung der anatomischen Analyse bereiten. Und sie steht weiter in unmittelbarem Zusammenhang mit der Vervollkommnung der Hilfsmittel, welche uns die verwickelten Strukturen des Nervensystems zur Darstellung bringen. So ist die anatomische Forschung in der Psychiatrie unbegrenzt und unbegrenzbar.

Die Definition des Lebewesens auf Grund seiner thermodynamischen Eigenschaften und die daraus folgenden biologischen Grundprinzipien[1]).

Von Erwin Bauer, Göttingen.

Die Tatsache, daß die Hauptsätze der Thermodynamik sich auch an den Lebewesen bestätigen, wird von den „Mechanisten" unter anderem auch oft zum Beweise dafür benutzt, daß die Lebewesen anderen Körpersystemen gegenüber nicht charakterisiert werden können. Weiter wird dann gefolgert, daß jede Auffassung, die in den Lebewesen etwas anderes erblicken will, als komplizierte Maschinen, die nach den bekannten Gesetzen der Physik und Chemie arbeiten, unrichtig ist. Daraus folgt aber, daß es nicht berechtigt ist, eigene biologische Begriffe und Gesetze oder Prinzipien aufzustellen und die Methode der Biologie nur die der Physik und Chemie sein kann.

Könnten die Lebewesen nun tatsächlich nicht genau charakterisiert und von den übrigen Systemen durch spezielle Eigenschaften abgegrenzt werden, so wäre die weitere Schlußfolgerung richtig. Die Biologie hätte dann nur als angewandte Physik und Chemie Berechtigung.

Nun ist aber der erste Schluß der obigen Kette unrichtig. Daraus, daß die Sätze der Thermodynamik bei den Lebewesen erfüllt sind, folgt durchaus nicht, daß diese sich von anderen Systemen nicht abgrenzen lassen. Denn es handelt sich noch um die Frage, *wie* sie erfüllt sind? Ob sie hier, gegenüber den anderen Systemen nicht in spezieller Weise erfüllt sind? Im folgenden wollen wir nun zeigen, daß die Lebewesen, eben durch die Art und Weise, *wie* die Sätze der Thermodynamik an ihnen erfüllt sind, sich von den übrigen Systemen unterscheiden. Gelingt aber diese Abgrenzung auf Grund spezieller Eigenschaften der Lebewesen, so folgen daraus mit Notwendigkeit speziell *biologische* Begriffe und Prinzipien, die zur Erklärung der Erscheinungen an den Lebewesen, also der *biologischen* Erscheinungen fruchtbar werden, falls die Abgrenzung eine richtige war. Die Bedingung einer einheitlichen, exakt-naturwissenschaftlichen Methodik in der Biologie kann auch nur in solchen speziell biologischen Grundprinzipien gegeben sein, auf welche die biologischen Erscheinungen zurückgeführt werden bzw. mit denselben erklärt werden können. Dies zeigt uns auch das Beispiel der Physik und der Chemie. In ersterer wurde eine exakte einheitliche Methode durch die Galilei-Newtonschen Prinzipien ermöglicht und in der letzteren durch das Prinzip der konstanten Gewichtsverhältnisse der Elemente in den Verbindungen. Die Prinzipien können natürlich erweitert oder durch andere fruchtbarere ersetzt werden, die Frage der Methode ist aber die Frage der fruchtbaren Prinzipien. Wenn es also in der Biologie an der so oft beteuerten einheitlichen Methode mangelt, so liegt das einzig und allein an dem Mangel an fruchtbaren biologischen Grundprinzipien.

Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik besagt ganz allgemein, daß nur solche Vorgänge in der Natur vorkommen, bei welchen eine gewisse Größe, die Entropie zunimmt, d. h. bei gegebenen Bedingungen kann ein Vorgang nur in einer bestimmten Richtung stattfinden. Bei jeder in Wirklichkeit eintretenden Veränderung eines Systems nimmt also die Entropie zu. Ist nun bei gegebenen Bedingungen das Maximum der Entropie erreicht, d. h. müßte für jede mit den gegebenen Bedingungen verträgliche Zustandsänderung die Entropieänderung ≤ 0 sein, so kann in dem System ohne Änderung der äußeren Bedingungen keine Veränderung stattfinden, dasselbe ist im Gleichgewichtszustand. Der zweite Hauptsatz besagt also auch, daß jedes System bei ungeänderten äußeren Bedingungen in Gleichgewicht zu kommen sucht, jeder Vorgang in der Richtung des Gleichgewichts stattfindet.

Das erste, was wir nun zur Charakterisierung des Lebewesens sagen müssen, ist, daß es ein System darstellt, das nicht im Gleichgewichtszustande ist, es können in demselben bei unveränderter Umgebung Zustandsänderungen stattfinden. Das ist aber noch nicht genügend, denn das ist bei jeder in Gang gesetzten Maschine, bei jeder aufgezogenen Uhr der Fall, mit welchen man die Lebewesen gerne vergleicht. Diese letzteren müssen aber notwendigerweise in Gleichgewichtszustand kommen, weil in ihnen sämtliche Vorgänge in der Richtung des Gleichgewichtszustandes stattfinden und bei den gegebenen Bedingungen, bei der gegebenen Umgebung ihnen keine neuen Energien zugeführt werden, ihr Gleichgewicht nicht gestört wird. Das Lebewesen kann aber, populär ausgedrückt, sich selbst in Gang setzen, sich selbst aufziehen. Genauer ausgedrückt heißt das, daß die Lebewesen Körpersysteme darstellen, die durch die *gegebene* Umgebung ständig Gleichgewichtsstörungen erleiden, d. h. denen durch die Energieformen der gegebenen Umgebung ständig Energie zugeführt wird. Solange daher diese Energieform in der Umgebung gegeben ist, tritt auch nicht notwendiger-

[1]) Die hier kurz entwickelten Definitionen und Prinzipien sollen in einer noch nicht veröffentlichten Monographie nebst ihren Anwendungen in der Physiologie und Pathologie ausführlicher dargestellt werden.

weise ein Gleichgewichtszustand ein. Diese zweite Eigenschaft ist aber auch noch nicht hinreichend zur Charakterisierung der Lebewesen. Auch solche Systeme sind in der unbelebten Natur zu finden. Es ist dies auch bei den ebenfalls häufig gebrauchten Vergleichsobjekten, wie bei einem Wirbel oder einem Wasserfall ebenso. Der Wasserfall kommt auch nicht in Gleichgewicht, solange ihm durch die gegebene Umgebung neue Wassermassen mit einer gewissen Geschwindigkeit und in einer gewissen Höhe zugeführt werden. Dieser Zustand, wie der eines Wasserfalls oder eines Wirbels wird bei solchen Vergleichen meistens als „dynamisches Gleichgewicht" bezeichnet und es werden auch die Lebewesen als Systeme im „dynamischen Gleichgewicht" bezeichnet. Dieser Ausdruck scheint mir aber völlig unklar und wird in der Physik nie gebraucht. Er könnte höchstens bedeuten, daß irgendwo immer dieselben Niveau- oder Potentialdifferenzen vorhanden sind, aber darauf kommt es bei den Lebewesen, wie wir sehen werden, nicht an, wie es auch niemandem einfallen wird, einen Wasserfall als ein Lebewesen anzusehen.

Die oben erwähnten zwei Bedingungen müssen bei einem Lebewesen notwendig erfüllt sein, sind aber noch nicht hinreichend, es ist dazu noch eine dritte notwendig: *es müssen die durch die gegebene Umgebung zugeführten Energieformen zu Energieformen im System umgewandelt werden, welche solche Zustandsänderungen des Systems bewirken, die bei der gegebenen Umgebung* ***gegen*** *die Richtung des Gleichgewichts stattfinden.*

Daß diese Forderung dem zweiten Hauptsatze nicht widerspricht, und welche Bedingungen im Lebewesen erfüllt sein müssen, um dieser Forderung zu genügen, werden wir weiter unten genauer ausführen. Zuerst wollen wir an einigen Beispielen zeigen, daß diese Bedingung bei den Lebewesen tatsächlich erfüllt ist und ein wesentliches Merkmal derselben ausmacht. Dieses oben formulierte Merkmal ist es eigentlich, was wir als „Spontaneität" an den Lebewesen bezeichnen, und neben den anderen Bedingungen ist es diese, welche uns in einem System mit instinktiver Sicherheit das Lebewesen erkennen läßt. In der Tat, wenn ein geworfener Körper die Bahn der Parabel verläßt (Vogel), wenn ein spezifisch schwerer Körper, der im Wasser nach dem Archimedischen Gesetz untersinken müßte, nicht untersinkt, oder ein leichter, der nach demselben Gesetz durch das Wasser aufgetrieben werden sollte, untersinkt (Wassertiere), wenn ein Körper trotz ständiger Abkühlung durch die Umgebung wärmer bleibt als diese (Warmblüter) usw. usw., dann sind das Erscheinungen, die durch ihre „Spontaneität" den Verdacht des Lebenden instinktiv in uns erwecken. Diese Erscheinungen stellen aber nichts anderes dar, als Prozesse, bei welchen die aufgenommenen oder im System vorhandenen Energien des Systems zu solchen Energieformen umgewandelt werden, die gegen das Gleichgewicht des Systems wirken[1]).

Wir behaupten nun, daß die hier angeführten drei Eigenschaften gleichzeitig sämtlichen Lebewesen und nur den Lebewesen zukommen. Alle Körpersysteme, welche diese Eigenschaften besitzen, pflegen wir als Lebewesen zu bezeichnen, dagegen gibt es kein Lebewesen, welches diese Eigenschaften nicht besitzt. Wir definieren daher: *jedes Körpersystem, das nicht im Gleichgewichtszustande ist und so eingerichtet ist, daß die Energieformen seiner gegebenen Umgebung zu solchen Energieformen in demselben umgewandelt werden, welche bei der gegebenen Umgebung* ***gegen*** *den Eintritt des Gleichgewichtszustandes wirken, nennen wir ein Lebewesen.*

Wir wollen nun zeigen, daß diese in der Definition gegebenen Eigenschaften nur dann vorhanden sein können, wenn gewisse Bedingungen erfüllt sind, welche also bei sämtlichen Lebewesen erfüllt sein müssen. Wir werden dadurch zu allgemeinen *biologischen* Gesetzen oder Prinzipien geleitet, wie sie oben erwähnt wurden.

Bevor wir weitergehen, wollen wir noch kurz zwei notwendige biologische Begriffe den obigen Ausführungen entsprechend definieren: *Leben* nennen wir die in der obigen Definition beschriebene *Beziehung* eines Systems zu seiner gegebenen Umgebung. *Tod* nennen wir jedes System, das im Gleichgewichtszustande ist oder die von der Umgebung ihm zugeführten Energien nicht zu solchen umwandelt, die gegen den Eintritt des Gleichgewichtszustandes wirken. *Tod* nennen wir den Übergang eines Lebewesens in ein totes System.

Das erste, was aus der obigen Definition folgt, ist, daß I. *solange die Energieformen der Umgebung dieselben sind und in derselben Richtung auf das Lebewesen einwirken, der Tod des Lebewesens nicht notwendigerweise eintritt.*

Dies folgt direkt aus der Definition, denn 1. bei der gegebenen Umgebung besteht kein Gleichgewicht; 2. bei der gegebenen Umgebung werden dem Lebewesen Energien zugeführt, die in demselben umgewandelt werden; 3. die transformierten Energien wirken eben bei der gege-

[1]) Diese letzte Eigenschaft besitzt auch das beliebte Vergleichsobjekt: die Kerzenflamme nicht, denn bei dieser besteht die von der Umgebung zugeführte Energie in der Wärme- und mechanischen Energie der hinzutretenden erhitzten Teilchen, welche Energien aber nicht gegen das Gleichgewicht des Systems verwertet werden, die Teilchen kühlen sich ab und fliegen der auftreibenden Kraft entsprechend nach oben. Wir haben denselben Fall wie bei dem Wasserfall vor uns. Nimmt man aber das Stearin mit in das System, so ist es der Fall der aufgezogenen Uhr. Überhaupt wird man sich über die Bedeutung dieses letzten Kriteriums um so klarer, an je mehr Beispielen und je genauer man die Erscheinungen in dieser Beziehung analysiert. Damit der Wasserfall oder die Flamme als Lebewesen bezeichnet werden könne, müßte der Wasserfall die potentielle Energie dazu verwenden, nicht zu fallen, die Flamme die Wärmeenergie z. B. dazu, nicht zu steigen usw.

benen Umgebung gegen die Richtung des Gleichgewichtszustandes. Das Leben ist aber eine Beziehung, die durch diese Merkmale gekennzeichnet ist, also bleibt sie in derselben Umgebung bestehen.

Dieses erste Prinzip wird auch durch die Erfahrung bestätigt und wurde schon in verschiedener Form: „Kontinuität des Lebens" „Unsterblichkeit der Einzelligen" usw. in der Biologie ausgesprochen.

Unser zweites Prinzip stellt eine notwendige Bedingung der in der Definition gegebenen Beziehung, also des Lebens dar, muß also bei jedem Lebewesen erfüllt sein. Es ist ein *quantitatives* Gesetz und lautet: *II. sämtliche von der Umgebung zugeführte Energie muß in dem Lebewesen notwendigerweise* ***restlos*** *zu solchen Energieformen transformiert werden, die gegen den Eintritt des Gleichgewichtszustandes wirken.*

Die in der Definition gegebene Beziehung kann nur bestehen, wenn auf das System mindestens zwei verschiedene Energieformen der gegebenen Umgebung einwirken. Eine Energieform: *A,* die dem System Energie zuführt, energievermehrend auf dasselbe einwirkt (z. B. die chemische Energie bei den Tieren, die Licht- und Wärmeenergie der Sonne bei den Pflanzen) und eine andere Energieform: *B,* welche energievermindernd auf dasselbe einwirkt, welche die in Arbeit umwandelbare Energiemenge des Systems vermindert (z. B. die niedrigere Temperatur der Umgebung bei den Warmblütern).

Damit nun, wie dies unser erstes Prinzip fordert, nie notwendigerweise ein Gleichgewichtszustand eintrete, muß das obige Prinzip erfüllt sein. In der Tat würden wir annehmen, die zugeführte Energie würde nicht restlos transformiert zu Energieformen, die gegen den Gleichgewichtszustand wirken, so würde diese energievermehrende Veränderung schließlich notwendigerweise, dem zweiten Hauptsatze entsprechend, zu einem Gleichgewichtszustande des Systems führen. Denn jeder Vorgang geschieht in der Richtung des Gleichgewichtszustandes, also auch der energievermehrende, es muß also, wenn dieser Gleichgewichtszustand nie erreicht werden soll, eine dieser zugeführten Energiemenge *äquivalente* Energiemenge dem, der gegebenen Umgebung entsprechenden, Gleichgewichtszustande entgegenwirken; d. h. diese energievermehrende Energieform der Umgebung muß *restlos* in die anderen transformiert werden[1]).

Würden wir dagegen annehmen, daß die energievermehrenden Einwirkungen sogar geringer sind, als die energievermindernden, so kämen wir mit dem ersten Hauptsatz in Widerspruch. Es müßte eine geringere Energiemenge in eine größere transformiert werden können.

Damit haben wir aber unser zweites Prinzip als eine notwendige Bedingung des Lebens erkannt, es muß also bei sämtlichen Lebewesen erfüllt sein.

Es kann also zeitweise die in Arbeit umwandelbare Energiemenge des Lebewesens vermehrt werden[1]), muß aber dann doch wieder verbraucht werden, eine Häufung derselben ad infinitum kann nicht stattfinden.

Wenn wir nun sämtliche Vorgänge in einem System, die bei der gegebenen Umgebung gegen den Gleichgewichtseintritt gerichtet sind, *„regulatorisch"* nennen, so lautet unser zweites Prinzip in biologischer Ausdrucksweise:

Sämtliche Lebensvorgänge sind notwendigerweise regulatorisch.

Die Fruchtbarkeit dieser Prinzipien in der Erklärung der biologischen Erscheinungen sowie in der weiteren biologischen Forschung soll in der erwähnten Monographie dargelegt werden durch ihre Anwendungen im Gebiete der Physiologie und Pathologie.

[1]) Als Beispiel kann z. B. ein Dampfkessel dienen, in welchem durch die Umgebung der Druck ständig gesteigert wird; derselbe würde durch Explosion in Gleichgewicht kommen, wenn die Dampfdrucksteigerung ständig größer wäre, als die durch denselben geleistete Arbeit.

Mechanische Probleme bei der Bildung kristalliner Schiefer.

Von O. H. Erdmannsdörffer, Hannover.

Die Rolle, die mechanische Vorgänge bei der Bildung der größten und wichtigsten Gruppe der metamorphen Gesteine, der *„kristallinen Schiefer"* gespielt haben, ist von jeher verschieden beurteilt worden. Den Anschauungen, daß lediglich *statisch* wirkender Metamorphismus, insbesondere die *Kontaktmetamorphose* ihre kristalline Bildung verursacht habe, steht die Theorie der *Dynamometamorphose* gegenüber, die *geodynamischen* Prozessen bei ihrer Entwicklung die Hauptrolle zuschrieb, also *kinetische* Vorgänge an erste Stelle setzte. Die Hauptschwierigkeit bei der Erforschung derartiger petrographisch-geologischer Probleme liegt in der Unmöglichkeit ihrer *direkten Beobachtung* und den zurzeit noch fast unüberwindlichen Schwierigkeiten in der *experimentellen* Wiedergabe der meisten metamorphen Prozesse. Die Forschungsmethode ist daher im wesentlichen analytisch-deduktiv, und dem subjektiven Ermessen des Einzelnen ist in manchen Punkten noch ein weites Feld gelassen.

Der Kampf um die Bedeutung der einzelnen Theorien und die Rolle der einen oder der anderen Anschauungsform, der oft nur ein Streit um Worte war, hat daher Jahrzehnte gedauert und ist noch nicht erloschen. Immerhin aber treten doch allgemach an Stelle der vagen Begriffe „Re-

[1]) Diese Grenze der Energievermehrung wird in der ausführlicheren Monographie als „Assimilationsgrenze" bezeichnet und ist je nach der Einrichtung bei den verschiedenen Lebewesen eine verschiedene.

gionalmetamorphismus“ oder „Dynamometamorphismus“ Anschauungen, die auf exakten Grundlagen aufgebaut, uns tiefer in das Wesen dieser Dinge führen. Die physikalische Chemie und die Mechanik geben gemeinsam mit geologischer Feldbeobachtung, mikroskopisch-optischer Untersuchung und chemischer Analyse die Mittel an die Hand, um die Umwandlungsprozesse in dem Gestein bis in ihre feinsten Verzweigungen hinein zu verfolgen. Nirgends ist „Handstückspetrographie“ unersprießlicher als bei kristallinen Schiefern.

Insbesondere hat es sich gezeigt, daß eine befriedigende Lösung der letzten Fragen des Metamorphismus mit in erster Linie abhängt von einer richtigen Fragestellung bei der *geologischen* Seite des Problems. Kaum eine Gruppe von Gesteinen ist so überaus heterogen zusammengesetzt als die unter dem Sacknamen der „kristallinen Schiefer“ zusammengefaßten Gebilde. An Stelle des Strebens, für das Wesen „der“ Dynamometamorphose oder „der“ Regionalmetamorphose möglichst ein einfaches „Rezept“ aufzustellen, tritt die Notwendigkeit, eine große Menge von Möglichkeiten und Wegen zu sondern, die in mannigfachen Kombinationen zur Bildung dieser Vielheit von Gesteinsgruppen führen. Und diese zahlreichen Möglichkeiten haben ihre Wurzel mit in der großen Mannigfaltigkeit ihrer *geologischen* Vorgeschichte. Diese richtig zu erkennen, ist Grundbedingung zur richtigen Erkenntnis der kristallinen Schiefer.

Kristalline Schiefer sind „Abbildungsgesteine“. Ihr *stofflicher Bestand* ist gegeben durch das dem Umwandlungsvorgang zugrunde liegende Substrat, das jeder beliebigen Gesteinsart angehören kann; er kann durch eine große Reihe metamorphischer Prozesse hindurch im wesentlichen unverändert in die neue Form mit hinüber genommen werden. Die Natur der Komponenten und das Gefüge des Ausgangsmaterials dagegen wird unter dem Einfluß der Umwandlungsvorgänge ganz oder teilweise ein anderes: in beiden bilden sich entweder die Vorgänge ab, die zur Entwicklung des Neubildungsproduktes geführt haben, oder es schimmern palimpsestartig „Relikte“ seiner ursprünglichen Natur durch.

Die oft intensive Beanspruchung durch äußere Druckkräfte äußert sich z. T. in der Bildung irreversibler mechanischer Vorgänge, die sich in Struktur- und Texturerscheinungen abbilden; Wärmeenergie verschiedener Herkunft wird durch die neu sich bildenden Mineralphasen in großer Menge aufgespeichert. Wie weit diese Prozesse zu völligen Gleichgewichten in den neu entstehenden Systemen führen, ist eine noch nicht in allen Fällen sichergestellte Frage: Phasen älterer Perioden, von der Neueinstellung des Gesamtsystems noch nicht überwältigt, können als „gepanzerte Relikte“ im Bereich minimaler Reaktionsgeschwindigkeiten praktisch unendlich lange stabil sein; oft führt sie erst die Verwitterung wieder Reaktionsläufen von freilich ganz anderer Richtung entgegen, die, vorwiegend exothermen Charakters, die angesammelte Energie wieder zerstreuen.

Struktur und Textur, koordiniert mit dem geologischen Befund und angepaßt an die sich aus der Bildung neuer Phasen ergebenden chemisch-physikalischen Gesetzmäßigkeiten erlauben in einzelnen Fällen die Rekonstruktion der Umbildungsprozesse oder wenigstens eines Teiles derselben. In sehr vielen Fällen nämlich handelt es sich bei der Entwicklungsgeschichte eines kristallinen Schiefers nicht um einen einfachen *einmaligen* Vorgang, sondern *mehrere* Prozesse können, sich folgend oder gegenseitig übergreifend, mit oder ohne Hiatus der Bildungszeit an der Herausarbeitung seines endgültigen Bildes mitgewirkt haben. Mit andern Worten: viele kristalline Schiefer sind „polymetamorphe“ Gesteine (*Königsberger*); je vielfacher die einwirkenden Prozesse, um so schwieriger naturgemäß die Entzifferung ihres Entwicklungsganges. Wie kompliziert die Dinge liegen können, zeigt u. a. die Arbeit *Backlunds* über die Taimyrgesteine.

Im nachstehenden seien die Hauptzüge einiger derartiger Rekonstruktionsversuche wiedergegeben.

Der hauptsächlichste Zug in der äußeren Erscheinung der kristallinen Schiefer ist ihre *Paralleltextur*. Die Frage nach deren Entstehung ist von grundlegender Bedeutung. Zwei beobachtbare und experimentell zugängliche Vorgänge führen sicher zu Texturen dieser Art: *Sedimentierung* und *Scherbewegungen*. Beide können in kristallinen Schiefern abgebildet vorliegen.

Die nahen Beziehungen, in denen zumeist die kristallinen Schiefer zu tektonisch beeinflußten Gebieten stehen, haben, zumal unter dem autoritativen Einfluß *H. Rosenbuschs*, zu einer so innigen Verquickung der Schieferfrage, speziell des Gneisproblems, mit dem Dynamometamorphismus geführt, daß dieser Begriff Leitprinzip der weitaus meisten Theorien über die Bildung dieser Gesteinsarten wurde, selbst nachdem die alte Anschauung, daß der „Druck“ als solcher der wesentliche mineralbildende Faktor für die metamorphen Gesteine sei, unter der Wucht des experimentellen Materials zusammengebrochen war.

Gleichwohl war man sich damals über das Wesen des Druckes selbst sehr wenig im klaren. Die primitive Anschauung, daß in schieferig-metamorphen Gesteinen „die Teilchen sich senkrecht zum Druck stellen“ und so Paralleltexturen hervorriefen, galt lange als eine Art Axiom.

Hier führten die Darlegungen *Becke-Grubenmanns* und anderer Autoren zu einer gewissen Klärung, indem im Begriffe „Druck“ ein wichtiger Gegensatz schärfer formuliert und hervorgehoben wurde: *hydrostatischer Druck*, allseitig gleichwirkend, der besonders als *Belastungsdruck* zur Geltung kommt; *gerichteter Druck* oder

Streß, der Druckmaxima und -minima in gesetzmäßiger Verteilung erkennen läßt.

Aber erst eine auf streng *mechanischer* Betrachtungsweise gegründete Anschauung führt in die ganze Kompliziertheit des Problems und die Mannigfaltigkeit der damit verknüpften Vorgänge ein, wie besonders *W. Schmidt* gezeigt hat.

Die Mechanik lehrt, ausgehend von der Betrachtung eines unendlich kleinen, rechtwinklig begrenzten Massenteilchens eines beanspruchten Körpers, wie ein auf dieses einwirkender Druck zerlegt gedacht werden kann in *normal* auf die Körperflächen einwirkende Komponenten, *Normal-* oder *Hauptdrucke* und *tangentiale* = *Tangentialdrucke*. Erstere beherrschen vorwiegend die *Volum*verhältnisse, letztere die *Form* des beanspruchten Materials.

Die normalen Drucke auf den Flächen des Körperdifferentials sind im allgemeinen ungleich: der Körper steht dadurch unter *ungleichseitigem* Druck = Streß, der so die Wirkung von *Normalkräften* darstellt; sind die Hauptstreßrichtungen einander gleich, so liegt als Sonderfall *hydrostatischer* Druck vor. *Bleibende Deformation* tritt erst ein, wenn die *Tangentialspannungen* gewisse Werte der Schubfestigkeit übersteigen. Der Körper paßt sich der Einwirkung dieser äußeren Kräfte durch *Ausweichungsbewegungen* an, die an *Scherflächen* oder *Gleitflächen* erfolgen und nicht umkehrbar verlaufen, d. h. zu einer *dauernden Deformation* des Körpers führen.

Vorgänge dieser Art spielen bei der Bildung kristalliner Schiefer, die im Gefolge tektonischer Vorgänge verläuft, also als *kinetische Metamorphose* bezeichnet werden muß, zweifellos eine erhebliche Rolle, auf deren Bedeutung neuerdings besonders von *Sander* und *W. Schmidt* aufmerksam gemacht worden ist. Auf ihre Ausführungen stützen sich die folgenden Abschnitte wesentlich.

Beide kommen zu dem Ergebnis: *Schieferung ist die Abbildung von Scherflächen.* Auch *Backlund* hat die Bedeutung der scherenden Deformation mehrfach hervorgehoben.

In welcher Weise sich scherende Bewegung auslöst, hängt von vielen Umständen ab. Besondern Einfluß haben im Gestein bereits vorhandene *Texturflächen*, z. B. Schiefer- oder Schichtflächen, welche die Entwicklung der Scherflächen mehr oder weniger nach sich ziehen. Es können einzelne oder Scharen von Bewegungsflächen auftreten, die im extremen Falle zu einer *Differentialbewegung*, einer *Durchbewegung* des Gesteins nach kleinsten Teilchen führen können. Die Art der Bewegung läßt sich sehr vollkommen mit Walz- oder Fließbewegungen vergleichen; selbst der Typus der Wirbelströmung, der an eine über gewisse Werte hinausgehende Strömungsgeschwindigkeit gebunden ist, findet sich wieder.

Wo dichtgedrängte Scharen solcher scherenden Flächen ein Gestein durchsetzen, können Produkte entstehen, die man als *Mylonite* bezeichnet. Ihre geologische Bedeutung ist mehrfach diskutiert worden. Ihre Bindung an große Bewegungsflächen von tektonischem Ausmaß, Überschiebungen, ist in alpinen und skandinavischen Gebirgen in typischer Weise entwickelt. In extremen Fällen sind es eigentümliche dichte, oft wohlgebänderte Gesteine von verschiedenem Schieferungsgrade — die skandinavischen *Hartschiefer* —, die ich auch an Mylonitzonen in Mazedonien in typischer Entwicklung aufgefunden habe.

Mylonite dieser Art sind an geringe Tiefe in der Lithosphäre gebunden. Vielfach bestehen sie lediglich aus mechanisch *fein* zerriebenem Material des primären Gesteins (Granite, kristalline Schiefer u. a.). In manchen Fällen ist auch ein chemischer Umsatz nachzuweisen, der den stofflichen Bestand des Gesteins mehr oder minder verwandelt.

Mylonite werden nicht zu den eigentlichen „kristallinen Schiefern" gerechnet; ihre Entstehungsweise gibt aber gewisse Parallelen zur Bildung solcher Gesteine, die in größerer Tiefe der Lithosphäre verläuft, wo die Einwirkung höherer Temperaturen — unabhängig von deren Herkunft — zu der der rein mechanischen Beanspruchung hinzukommt und chemische Umsetzungen und damit die gleichzeitige Bildung neuer Mineralphasen begünstigt. Dabei sind sehr wesentliche Momente die *zeitlichen* Beziehungen zwischen Deformation und Kristallisation in derart durchbewegten Gesteinen, deren petrographisch-geologische Bedeutung besonders *Sander* nachdrücklich betont hat. Für die typischen Erscheinungen dieser Gesteine, die von regionaler Bedeutung werden können, führt er den Begriff der *tektonischen Gesteinsfacies* ein, der die oben verlangte Einheit zwischen geologischer und petrographischer Betrachtungsweise herstellt, indem so insbesondere Tektonik und Gesteinsgefüge und dessen morphologischer Ausdruck: Struktur und Textur, in koordinierte Beziehung gebracht werden. Derart differentiell umgeformte Gesteine werden als *Tektonite* bezeichnet (wo sie phyllitähnlichen Charakter annehmen, auch als „Phyllonite"). Alle kristallinen Schiefer sind nach *Sanders* Auffassung Tektonite. *F. E. Sueß* deutet einen eigentümlichen Glimmerschiefer im mährischen Gebirge als ein „Tiefenmylonit" an der Basis eines mächtigen überschobenen hochkristallinen Schieferkomplexes.

Die Art der Umgestaltung in Tektoniten kann verschieden sein je nach Mitwirkung von kataklastischen Erscheinungen (*Tektonoklastese*, z. B. Mylonite) oder dem Auftreten von Lösungsumsatz (*Deformationskristalloblastese*, oder nach dem Beckeschen Ausdruck: *Kristallisationsschieferung*).

Die Physik dieses letztgenannten Vorgangs ist in vielem noch sehr unklar. Das von *Becke-Grubenmann* herangezogene *Rieckesche* Prinzip

der Löslichkeitserhöhung gepreßter Stellen wird weiterhin noch erörtert werden, da es als Abbildung von *Hauptspannungen* mehr Beziehungen zur *statischen* Metamorphose hat. *W. Schmidt* glaubt auch dieses für die Erklärung der Paralleltextur mehrfach angenommene Prinzip durch einen an Scherflächen gebundenen Vorgang ersetzen zu können; diese Anschauung hat den Vorzug einer gewissen Einheitlichkeit insofern, als so die Entstehung der sekundären Schieferung bei allen Arten tektonischer Deformation auf die Wirkung *einer* Art von Druckspannung als causa movens zurückgeführt werden kann.

Die Herausbildung der Schiefertextur durch diesen Vorgang beruht auf der Beeinflussung der *Oberflächenenergie* von durch Differentialbewegung betroffenen Mineralpartikeln im Gestein. Dieser Vorgang vergrößert deren Oberfläche und damit ihre Oberflächenenergie, Löslichkeit u. a. Die Oberflächenenergie ist ferner ein Minimum für natürliche Kristallflächen, speziell für Spaltflächen. Unter den Verhältnissen der Durchbewegung werden daher *die* Kristalle relativ stabil sein, bei denen diese Flächen der Gleitflächenrichtung parallel liegen; anders gelegene werden durch Umsatz aufgezehrt. Ähnliches gilt für neu sich bildende Phasen. Damit ist eine Deutung eines sehr wesentlichen Moments in der Textur der kristallinen Schiefer erreicht: der *kristallographischen Orientierung* gewisser Gemengteile zu den Haupttexturrichtungen.

Zu dieser an sich lange bekannten Anpassung blätteriger (Glimmer, Chlorit) und stengliger (Hornblende) Mineralien an die Schiefertextur haben die Untersuchungen von *Sander* und *Schmidt* höchst eigentümliche Beziehungen des *Quarzes* zum Gesteinsgefüge kennen gelehrt. Diese „Gefügeregelung" besteht darin, daß auch dieses durch keinerlei extreme kristallographisch orientierte Kohäsions- oder Wachstumsverhältnisse ausgezeichnete Mineral eine kristallographische Abhängigkeit von der Schiefertextur zeigen kann, indem seine Partikel eine vorherrschende Orientierung der kristallographischen Hauptachse senkrecht zur Schieferung („*Trener*sche Regel") oder in einer unter verschiedenen Winkeln zur Schieferung angeordneten Richtung besitzen, die durch sorgfältige statistische Untersuchung des deformierten Materials festgestellt werden kann. Diese Regelung des Quarzes ist besonders deutlich in *tektonoklastisch* deformierten Gesteinen, fehlt aber auch in *kristalloblastisch* struierten nicht, in denen sie *Sander* allerdings eher als Relikt aus einer präkristallinen Deformationsphase aufzufassen geneigt ist. Auch die *stoffliche* Differenz alternierender Schieferlagen, also gewisse *Lagentexturen*, z. B. den regelmäßigen Wechsel von Quarz und Glimmer in Glimmerschiefern, sucht *W. Schmidt* als Ergebnis der Differentialbewegung zu deuten, und zwar aus Beziehungen der ungleichmäßigen Geschwindigkeitsverteilung in einzelnen Teilen der durchbewegten Massen zur Oberflächenenergie der verschiedenen Phasen, wofür als Vergleich gewisse Erscheinungen in Walzeisen herbeigezogen werden. Trifft diese Annahme zu, so wäre auch die *Stoff-* und *Energieverteilung* in manchen Schiefern eine Abbildung scherender, also letzten Endes *tektonischer* Vorgänge.

Sehr wesentlich sind, wie insbesondere *Sander* betont, die *zeitlichen* Verhältnisse zwischen der molekularen Kristallisation und der Deformation in derartigen Gesteinen. Beide Vorgänge können im wesentlichen gleichzeitig verlaufen: *parakristalline Deformation*, oder die Deformation ist *vor* der Umkristallisation = *präkristallin* erfolgt, oder schließlich nach ihr: *postkristallin*, wobei man sich i. a. keine scharfen Hiaten zu denken hätte, sondern mehr ein längeres oder kürzeres Überdauern des einen Vorgangs über den anderen. Gelegentlich kann wohl auch ein mehrfaches Alternieren angenommen werden.

Präkristalline Deformation erkennt man leicht an der *„Abbildungskristallisation"* von Falten; bei solcher lassen die Mineralkörner und Glimmerblättchen keine mechanischen Einflüsse erkennen, sondern sind als *„polygonale Bögen"* abgebildet, indem die der ursprünglichen Schieferung — oder Schichtung — parallel eingefügten Keime sich rein kristalloblastisch ohne Spannungsbeeinflussung auswachsen. Wo keine solchen Falten auftreten, wäre diese Art der Abbildung von parakristalliner schwer oder nicht zu unterscheiden; *Becke* hat ohnehin gegen diese Art der präkristallinen Abbildung Bedenken erhoben. Auch nach der dritten Gruppe hin wird die Abtrennung von der parakristallinen Gruppe nicht immer leicht sein. Größere im Gesteinsgewebe gebildete Kristalle, die sog. *Porphyroblasten* können durch ihre an der Verlagerung von texturaufweisenden Einschlüssen erkennbaren Verschiebungen während des Prozesses gelegentlich Anhaltspunkte geben. Man könnte sie vielleicht ebenfalls nach diesem Prinzip in drei genetisch verschiedenartige Gruppen teilen.

Eine ganz andere weittragende Frage ist die, inwieweit die Bildung kristalliner Schiefer überhaupt *ohne wesentliche Mitwirkung tektonischer Beeinflussung* zustande kommen kann. Zweifellos gibt es Gesteine der Art, die ohne Durchbewegung, d. h. also im wesentlichen unter *statischen* Verhältnissen (*Statischer Metamorphismus*) umkristallisiert wurden, und doch den Charakter echter kristalliner Schiefer besitzen und es auch sind. Bei solchen Gesteinen kommen für die Herausbildung des wichtigsten Texturelementes, der Paralleltextur, zwei Möglichkeiten in Frage:

1. die Abbildung von Normalspannungen,
2. die *statische* Abbildung präkristalliner Paralleltexturen.

Für den ersten Fall wird von *Becke* und *Grubenmann* die bereits erwähnte Wirkung des „*Rieckes*chen Prinzips" angenommen, durch das die Abflachung gewisser Gesteinskomponenten nach der Richtung der Schieferung erklärt werden soll, dessen Bedeutung aber mehr und mehr geringer veranschlagt wird. Sehr richtig erscheint mir die Bemerkung von *W. Schmidt*, daß die plattige Form mancher Gneisquarze lediglich von ihrer Begrenzung durch Glimmer herrühre, also eine „einseitig behinderte Kristalloblastese" darstelle. In der Tat ist in vielen Glimmergneisen diese Form der Quarze lediglich eine Funktion des Glimmergehaltes und fehlt da, wo dieser fehlt. Man denke hierbei auch an die dünntafeligen Granatkristalle, die als Einschluß in Muskovitplatten auftreten.

Außerdem vermag diese Anschauung *allein* nicht den so überaus charakteristischen Parallelismus der kristallographischen Richtungen vieler Schiefergemengteile mit der Haupttexturrichtung zu erklären. Hierzu wird daher fast stets die Mitwirkung von *Bewegungsvorgängen*, die z. B. neu sich bildende Kristallkeime parallel stellen sollen, herangezogen.

Wie weit die Bedeutung dieser Art von Metamorphose, zu der auch der „Belastungsmetamorphismus" im Sinne von *Milch* gehören würde, reicht, ist schwer zu sagen. Mechanische Bewegungen kommen bei alleiniger Wirkung dieses Prinzips nicht in Frage; nach der Ausdrucksweise von *Sander* hat daher Kristalloblastese kein „tektonisches Korrelat".

In der vorherrschend oder rein *statischen Umkristallisation* von geschichteten oder geschieferten Gesteinen unter Erhalten ihrer präkristallinen Texturen sieht *Sauer* den wichtigsten Vorgang für die Bildung der Sedimentgneise. Ganz im Sinne *Sauers* hat dies *Schwenkel* mit folgenden Worten dargestellt: „Die Parallelstruktur regional-metamorph umgewandelter Sedimente ist nicht als Druckwirkung anzusehen, sondern als eine Pseudomorphose[1]) nach der ursprünglichen Schichtung, genau wie bei Kontaktgesteinen", wobei neben hoher Temperatur, die auch durch Intrusivmassen erzeugt sein kann, vor allem sehr hoher Normaldruck neben wechselndem Scherdruck ausschlaggebend ist. Dieser letzte Faktor verursacht die Neigung zur Kristallisationsschieferung in den sonst nach Art der *Kontakt*gesteinen struierten Gneise. Nach *Haffner* wäre der Vorgang parakristallin.

Außer der reinen Schieferungsabbildung können auch präkristalline Tektonittexturen statisch abgebildet werden: z. B. *Linsen*texturen, wie sie in ausgewalzten inhomogenen Schichtpaketen durch Zerbrechen und Auswalzen des spröderen Materials dynamisch erzeugt werden können. Doch gibt es auch primäre Linsentextur, z. B. Kalklinsen in Ton u. a.

[1]) Besser Paramorphose; Verf.

Reine Schichtungsabbildung dieser Art ist besonders leicht erkennbar bei starkem petrographischen Wechsel der einzelnen Sedimentlagen; so konnte ich in großem Maßstabe diese Art der Abbildungskristallisation im Grundgebirge des östlichen Mazedoniens nachweisen, wo ein vielfacher Wechsel kalkiger, toniger, mergeliger und sandiger Sedimente sich in einem System von Marmoren, Körnelgneisen, Amphiboliten und glimmerarmen granulitähnlichen Gesteinen in kristalliner Fazies abgebildet vorfindet, die an anderer Stelle beschrieben werden sollen. Lagentexturen dieser Art stünden also in prinzipiellem Gegensatz zu solchen tektonischer Entstehung.

Eine ähnliche Vielseitigkeit der Entstehungsmöglichkeiten zeigen auch die Paralleltexturen in *schieferigen Erstarrungsgesteinen*. Sie werden vielfach auf Fixierung einer *Fluidalbewegung* in noch teilweise flüssigem Magma zurückgeführt, also für *primär* gehalten. Die häufig in ihnen beobachteten Erscheinungen einer mechanischen Beanspruchung und Zertrümmerung der Gemengteile sehen viele Autoren als während derselben Bildungsperiode entstanden, als sogen. „*Protoklase*", d. h. ebenfalls als eine *Erstarrungstextur* an. Auch hierfür würden nach der *Sauer*schen Auffassung die Schwarzwälder Eruptivgneise ein Beispiel liefern, die zugleich als Intrusivmassen die Umkristallisation der Sedimentgneise erzeugt hätten.

Eine andere Deutung gibt *F. E. Sueß* für offenbar recht ähnliche Verhältnisse des mährisch-sudetischen Grundgebirges. Er nimmt an, daß in derartigen Systemen von eng verknüpften Eruptiv- und Sedimentgneisen die Paralleltextur beider *präkristallin* — teils schichtiger teils tektonischer Art — gewesen, und durch *Abbildungskristallisation* in den jetzigen Zustand übergeführt worden sei. Dafür spräche insbesondere die durchaus gleichartige, vorwiegend granoblastische Schieferung und die erheblichen Analogien in Art und Ausbildungsweise der Mineralkomponenten in beiden Gesteinsgruppen.

Auch *Becke* bezweifelt die reine Erstarrungsstruktur der Schwarzwälder Eruptivgneise. Im Renchgneis von *Bleibach* beobachtete ich eine sehr intensive Quarzgefügeregelung, die als tektonisches Relikt in den jetzigen Gneiszustand herübergenommen wäre. Im gleichen Sinne spricht die bereits erwähnte Linsentextur.

Eine weitere sehr verbreitete Art einer Abbildung von Paralleltextur ist die durch *Injektionsvorgänge* granitischen Magmas, das sich in die Lagen des geschichteten Gesteins eindrängt und so die Schieferung deutlich macht und schärfer betont. Diesem Vorgang wird von vielen Seiten sehr großes Gewicht beigelegt. Es entsteht die Kategorie der *Mischgesteine*; doch schwanken die Auffassungen, was im einzelnen Falle eruptiv, was Sediment, und was Mischgestein sei, oft sehr erheblich, was bei der diffusen Natur der geologischen Grenzen sehr verständlich ist.

In dem in neuester Zeit gut durchstudierten Schwarzwald werden z. B. von den durch *Sauer* aufgestellten zwei Gruppen der reinen Eruptiv- und der reinen Sedimentgneise die ersteren von *Philipp* für stark durch injiziertes Sedimentmaterial modifizierte Eruptive gehalten, während umgekehrt auch die reinen Sedimentgneise *Sauers* durch *Haffner* für eine, bis auf geringe Reste unveränderter reiner Sedimentgneise, durch *Sedimentresorption* völlig modifizierte *Eruptivmischzone* erklärt werden.

Auch abgesehen hiervon harren eine Fülle von Fragen noch ihrer Lösung: die präkristalline Beschaffenheit der betroffenen Schiefer (im Schwarzwald z. B. nimmt *Haffner* einen „nicht kristallinen Zustand" an), das zeitliche Verhältnis zwischen Injektion, Umkristallisation, Deformation und deren Natur im einzelnen, die Rolle der Einschmelzung der durchbrochenen Gesteine, der Pneumatolyse u. a., worauf hier nur andeutend verwiesen sei.

Bedenkt man nun noch, daß sich auch rein tektonische und stratigraphische Probleme in großer Zahl ebenfalls an diese Fragen knüpfen, so hat man eine ungefähre Vorstellung von der Menge von Rätseln, die uns heute noch die Entzifferung des kristallinen Schiefergebirges zu lösen gibt.

Literatur (in Auswahl).

1. *H. Backlund*, Petrogenet. Studien an Taimyrgesteinen, Geol. Fören, Förhandl., Stockholm, *40*, 1918, 101.
2. *F. Becke*, Über Mineralbestand und Struktur der kristallinen Schiefer, Denkschr. Akad. Wien *75*, 1903.
3. *F. Becke*, Die Entstehung des kristallinen Gebirges, Verhandl. Ges. Deutscher Naturforscher und Ärzte 1909, *I*.
4. *F. Becke*, Fortschritte auf dem Gebiet der Metamorphose, Fortschr. d. Mineral., Kristallogr. und Petrogr. *5*, 1916, 210, mit Literaturverzeichnis.
5. *U. Grubenmann*, Die kristallinen Schiefer, Berlin 1910.
6. *O. Haffner*, Über die Sedimentgneise des Schwarzwaldes, Diss. Tübingen, 1912, gedruckt 1919.
7. *J. Königsberger*, Die kristallinen Schiefer der zentralschweizerischen Massive und Versuch einer Einteilung der kristallinen Schiefer, C. R. 11, internat. Geol. Kongreß 1910, 639.
8. *L. Milch*, Die heutigen Anschauungen über Wesen und Entstehung der kristallinen Schiefer, Geol. Rundschau *I*, 1910, 36.
9. *O. Mügge*, Über metamorphische Prozesse i. d. kristall. Schiefern, Nachr. K. Ges. d. Wissenschaften Göttingen 1911, (2).
10. *Br. Sander*, Über Zusammenhänge zwischen Teilbewegungen und Gefüge in Gesteinen, Tscherm. Min. u. petrogr. Mitt. *30*, 1911, 281.
11. *Br. Sander*, Über tektonische Gesteinsfazies, Verhandl. Geolog. Reichsanstalt Wien *58*, 1912, 255.
12. *A. Sauer*, Das alte Grundgebirge Deutschlands, C. R. Internat. Geolog. Kongreß, Wien 1903.
13. *W. Schmidt*, Mechanische Probleme der Gebirgsbildung., Mitt. d. Geolog. Ges. Wien 1915, 62.
14. *W. Schmidt*, Statistische Methoden beim Gefügestudium kristalliner Schiefer, Sitzber. Akad. d. Wissensch. Wien 1917 (I) *126*, 515.
15. *K. Schwenkel*, Die Eruptivgneise des Schwarzwaldes, Tscherm. Mineral. u. petrogr. Mitt. *31*, 1912, 1.
16. *F. E. Sueß*, Moravische Fenster, Denkschr., Akad., Wien *58*, 1912, 541.
17. *F. E. Sueß*, Bemerkungen zur neueren Literatur über die moravischen Fenster, Mitt. geolog. Gesellsch. Wien 1918, 71.

Dampfturbinen mit Reduktionsgetrieben.

Von H. Treitel, Berlin.

Im Maschinenbau hat es von altersher einen Kampf um die Drehzahl zwischen Kraftmaschine und angetriebener Arbeitsmaschine gegeben. Mag es sich um Muskel-, Wasser- oder Wärmekraftmaschinen handeln und mögen von ihnen Hebemaschinen für Lasten oder Flüssigkeiten, Einrichtungen für die Fortbewegung von Schiffen oder Landfahrzeugen oder sonstwelche Maschinen und Mechanismen mit hin- und hergehender oder umlaufender Bewegung angetrieben werden, seit den frühesten Anfängen hat sich gezeigt, daß bald der antreibende, bald der angetriebene Teil von der Technik für einen Drehzahlbereich gebaut werden konnte, der dem des anderen Teiles soweit voran war, daß ein unmittelbarer Antrieb durch direkte Kupplung nicht möglich war. In diesen Fällen muß ein Reduktionsgetriebe zwischen die beiden Mechanismen geschaltet werden, als dessen häufigste Form Zahnräder von verschiedener Zähnezahl anzutreffen sind. Daneben erscheinen Riemen- und Seiltriebe, die über Scheiben von verschiedenen Durchmessern entsprechend der beabsichtigten Geschwindigkeitsübersetzung geschlungen sind, in späterer Zeit auch das aus Schnecke und Schneckenrad bestehende Getriebe. Dazwischen finden sich wieder Zeitabschnitte, in denen die direkte Kupplung derselben Maschinengattungen als die gegebene Lösung erscheint.

Die Beispiele für das gegenseitige Vor- und Nacheilen der Entwicklung zweier aufeinander angewiesener Maschinengattungen lassen sich in beliebiger Weise häufen. Indem wir uns auf den Dampfmaschinenbau beschränken, seien kurz einige geschichtliche Erinnerungen wachgerufen. Die ersten Dampfmaschinen des 18. Jahrhunderts, die nur wenige Hübe in der Minute machten, konnten die schwerfälligen Gestängewasserhaltungen unmittelbar antreiben, aber schon *Watt* ging dazu über, mit Hilfe von Zahnrädergetrieben dem Schwungrad seiner Maschine eine mehrfache Drehzahl derjenigen zu geben, die den Kolbenhüben bei direktem Antrieb durch ein Kurbelgetriebe entsprochen haben würde. Die unmittelbare Kupplung dagegen finden wir von Beginn an zwischen Maschine und Rädern der Lokomotive und beim Antrieb der Schaufelräder und Propeller durch Kolbenmaschinen. Doch hat es auch hier einen Zeitpunkt gegeben, in dem es geboten

schien, die Schiffsschraube schneller laufen zu lassen, als die Dampfmaschine zuließ[1]). Die gewöhnliche ortsfeste Betriebsdampfmaschine zur Kraftversorgung gewerblicher Betriebsstätten aller Art ist seit *Watts* Zeiten untrennbar gewesen von den Riemen und Seilen zum Antrieb der Transmissionsstränge. Berühmt geworden ist die Corliss-Dampfmaschine auf der Weltausstellung Philadelphia 1876, bei welcher das verzahnte Schwungrad von 9 m Durchmesser etwa 1400 PS auf die Transmission zu übertragen hatte. Die Zahnräder liefen mit 17 m/sec Teilkreisgeschwindigkeit Eisen auf Eisen ohne störendes Geräusch. Als die Elektrotechnik begann, dem Dampfmaschinenbau Aufgaben zu stellen, zeigte sich wieder, daß „schnell" ein relativer Begriff ist. Die damaligen Dynamomaschinen liefen viel zu rasch, als daß sie anders als mit Hilfe von Übersetzungsgetrieben angetrieben werden konnten. Die an die neue Industrie des Lichtes zu stellenden Anforderungen förderten einerseits den Bau hochtouriger Dampfmaschinen, sogenannter Schnelläufer, andererseits lernte man auch langsamer laufende Dynamomaschinen bauen, so daß fortan die konstruktive Zusammenfassung beider Maschinen zur Dampfdynamo die weitere Entwicklung bis zu den größten Einheiten beherrschte.

Die Dampfturbine, welche gegenwärtig auf fast allen Gebieten die Kolbendampfmaschine verdrängt hat, mußte den Kampf um die Drehzahl in umgekehrtem Sinne wie die Kolbenmaschine durchführen. Ihre um die Mitte der 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts einsetzende Entwicklung zeigt eine allmähliche Herabsetzung übermäßig hoher Drehzahlen unter gleichzeitigem Bemühen der Technik, ihr mit der Geschwindigkeit der Arbeitsmaschine soweit als angängig entgegenzukommen. Die ersten Anwendungen galten dem Antrieb von Dynamomaschinen, und wenn es auch der Pionierarbeit von *Parsons* gelang, eine 10-PS-Turbodynamo zu bauen, bei der Turbine und Dynamo direkt gekuppelt mit 18 000 Umdrehungen i. d. M. liefen, so muß doch das Verdienst, zuerst betriebsfähige Maschinensätze auch größerer Leistung gebaut zu haben, *de Laval* zugesprochen werden, der zwischen seiner einstufigen Turbine und der Dynamo ein Zahnrädergetriebe mit Übersetzungen von etwa 10 : 1 in konstruktiv vorbildlicher Ausführung einschaltete. Diese Entwicklung fand zunächst ihre Grenze bei Leistungen von etwa 300 PS. Inzwischen spielte sich die erstaunlich schnelle Entwicklung mehrstufiger Turbinenbauarten ab, welche auf die unmittelbare Kupplung nicht nur mit Dynamos, sondern auch mit Schiffspropellern, Kreiselpumpen und Kreiselgebläsen abzielte. Der Technik erwuchs gleichzeitig die schwierige Aufgabe, diese Maschinen für eine außerordentliche Erhöhung der bis dahin üblichen Drehzahlen umzuformen, zum Teil sogar Maschinen mit umlaufender Bewegung neu durchzubilden, wo es bis dahin nur Kolbenmaschinen gegeben hatte (Turbokompressoren). Den überwiegenden Einfluß in dieser Entwicklung hatten die Bedürfnisse der elektrischen Stromerzeugung, namentlich für Drehstrom. Entsprechend der üblichen Periodenzahl von 50, mit Abweichungen nach oben und unten in gewissen Ländern, ergibt sich für die kleinste Polzahl von 2 eine Drehzahl von 3000 Umdrehungen, für größere Polzahlen 1500 und 1000 Umdrehungen i. d. Min. Die erfolgreiche Ausbildung von Drehstromgeneratoren dieser Umlaufzahlen für bis dahin ungeahnte Leistungen von 60—70 000 kW ist als eine der Entwicklung der Turbine selbst ebenbürtige technische Leistung zu bewerten; sie besiegelte den Triumph der Turbine über die Kolbenmaschine, indem erst damit das latente Bedürfnis nach gewaltigen Energiemengen befriedigt werden konnte.

Auf anderen Gebieten ist es dagegen noch nicht gelungen, die Arbeitsmaschine an die Drehzahlen wirtschaftlich arbeitender Dampfturbinen heranzubringen. So bereitet der Bau großer Turbinendynamos für Gleichstrom und hohe Umlaufsgeschwindigkeiten so erhebliche Schwierigkeiten, daß die Grenze für direkt gekuppelte Maschinen etwa bei 2000 kW liegt und man sich in der Weise behelfen muß, daß man größere Leistungen unterteilt. Auf diesem Gebiet erscheint wieder das Reduktionsgetriebe als die rettende Lösung, die auch schon mit direkter Kupplung erreichte Grenzleistungen wieder verschwinden ließ.

Von erheblich größerer Bedeutung ist aber die Einführung der Schiffsturbine geworden. Hier ist der Propeller, eine ihrem ganzen Wesen nach an geringe Umlaufszahlen gebundene Arbeitsmaschine, von der Turbine anzutreiben, die nur mit großem Aufwand an Raum und Gewicht, also auch der Kosten, für die entsprechenden kleinen Drehzahlen eingerichtet werden kann; da man im Anfang dieser Entwicklung über brauchbare Übersetzungsgetriebe für die in Frage kommenden hohen Leistungen noch nicht verfügte, fand die Turbine zunächst nur Eingang in den Kriegsmarinen, und zwar für Fahrzeuge von besonders hoher Geschwindigkeit, wie Torpedoboote und schnelle Kreuzer. Die Propeller wurden für die höchsten noch zulässigen Drehzahlen (etwa 800 in der Minute) ausgebildet und mit Turbinen von sehr hoher Stufenzahl bei großen Raddurchmessern gekuppelt. Bei diesen Schiffen ließ sich in Bezug auf das Gesamtgewicht von Maschinen- und Kesselanlage und in Bezug auf den Kohlenverbrauch eine Ersparnis gegenüber den Kolbenmaschinen unter Steigerung der Schiffsgeschwindigkeit erreichen. Bei größeren Schiffen blieb aber die Kolbenmaschine unbedingt überlegen; in den Kriegsmarinen, trotzdem es hier auf die Baukosten nicht ankommt, wegen gerin-

[1]) Die Entwicklung der Dampfmaschine von *C. Matschoß*, Berlin 1908, Bd. I. S. 700.

gerer Gewichte und mit Rücksicht auf den kleineren Dampfverbrauch bei der vorwiegend zu benutzenden langsamen Fahrt, für Handelsschiffe wegen der niedrigeren Baukosten. Nur einige Schnelldampfer konnten erfolgreich Turbinen mit direktem Propellerantrieb erhalten. Kein Wunder, daß allerorts die Bemühungen einsetzten, um die allgemeinen und namentlich für die Kriegführung zur See wichtigen Vorzüge der Turbine auch für die bislang ausgeschlossenen Schifftypen nutzbar zu machen. Die zur Lösung der Aufgabe führende Ausbildung eines einzuschaltenden Reduktionsgetriebes wurde auf mehrere Arten versucht: unter elektrischer, hydraulischer und mechanischer Übertragung. Die elektrische Methode besteht darin, im Schiffe eine Zentrale mit normalen schnellaufenden Turbogeneratoren aufzustellen und mit der erzeugten Energie die mit den Propellerwellen gekuppelten, langsam laufenden Elektromotoren zu speisen. Die hydraulische Übertragung ist verkörpert durch das Föttingergetriebe, eine konstruktive Vereinigung einer Kreiselpumpe mit einer von ihr beaufschlagten Wasserturbine. Beiden Lösungen ist aber gegenwärtig ohne Zweifel der Rang abgelaufen durch das Zahnräder-Reduktionsgetriebe, das nicht nur für alle Typen von Kriegsfahrzeugen die direkte Kupplung überholt hat, sondern auch das viel umfangreichere und wirtschaftlich wichtigere Gebiet der Handelsschiffe für die Turbine erobert hat. Es dürfte nicht zu viel behauptet sein, daß kein Turbinenschiff mit direktem Propellerantrieb mehr aufgelegt werden wird.

Diese ganze Entwicklung fällt in die verflossenen letzten 10 Jahre und läuft parallel mit der entsprechenden Anwendung des Reduktionsgetriebes bei ortsfesten Turbinen; wichtige Betriebe sind unter Umgehung der sonst bevorzugten elektrischen Kraftübertragung dem unmittelbaren Antrieb durch Dampfturbinen erschlossen worden. Zunächst ist der Ersatz noch vorhandener Kolbenmaschinen in den vielgestaltigen Betrieben zu nennen, in denen die Kraftverteilung von Haupttransmissionswellen ausgeht. Das Zahnradgetriebe erhält in diesen Fällen diejenige Übersetzung, welche erforderlich ist, um die Drehzahl der bisherigen Maschine von der schnellaufenden Turbine abzuleiten. Auch der Antrieb besonderer maschineller

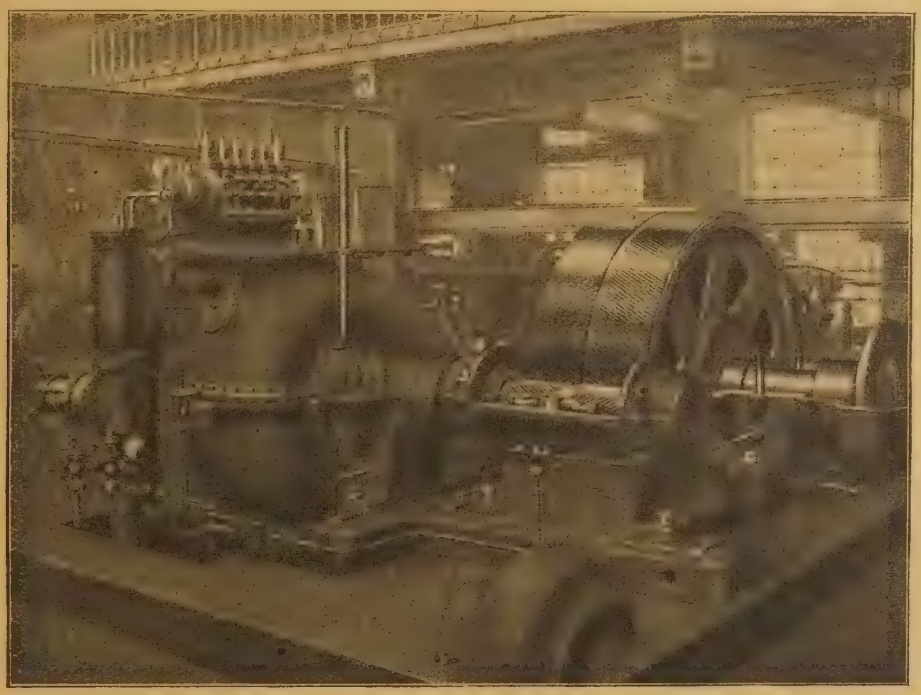


Fig. 1.

Einrichtungen ohne Zuhilfenahme von Riemen oder Seilen durch unmittelbaren Antrieb von einer Turbine mit Reduktionsgetriebe findet wachsenden Anklang in allen denjenigen Industrien, die aus den Erfahrungen mit Turbodynamos die außerordentlichen, zum Teil nicht unmittelbar in Geldwert zu beziffernden Vorteile der Dampfturbine kennen gelernt hatten. So werden gegenwärtig für die Papierindustrie Turbinenantriebe für die Großkraftschleifer und auch für die Papiermaschinen selbst gebaut, und ähnliche Aufgaben werden die Dampfturbinentechnik in den kommenden Jahren beschäftigen. Diese Aufgaben hängen größtenteils mit der hier nicht zu erörternden besonderen Eignung der Turbine für die Strom- und gleichzeitige Wärmeversorgung aus ihrem ölfreien Abdampf zusammen, eine Aufgabe, deren Verständnis durch das Gebot rati-

oneller Wärmewirtschaft in immer weiteren Kreisen Verbreitung findet.

Das Reduktionsgetriebe ist somit ganz allgemein aus einem Notbehelf ein einwandfreies Hilfsmittel geworden, um Maschinen, deren Drehzahlen niedrige sind, sei es wegen ihrer besonderen Eigenart (Schiffspropeller, Kreiselpumpen für große Fördermengen für niedrige Förderhöhen und dergleichen), sei es infolge noch nicht überwundener, vielleicht nicht zu überwindender Schwierigkeiten (Gleichstromdynamos), durch Dampfturbinen von höchster Wirtschaftlichkeit betreiben zu können. Fig. 1 zeigt die Ausführung eines solchen Gleichstrom-Turbodynamo.

Es dürfte verlohnen, eine Konstruktion näher zu beleuchten, durch welche eine solche Umwälzung in verhältnismäßig kurzer Zeit hervorgebracht werden konnte und bei der es sich nicht einmal um eine neue Erfindung, sondern um die Ausgestaltung eines uralten Maschinenelementes handelt.

Die Eigenschaften, welche die Verwendbarkeit für die neuen Aufgaben bedingen, sind vor allem hoher Wirkungsgrad und geräuschloser Gang; letzterer ist gleichbedeutend mit geringer Abnutzung. Voraussetzung für die Erzielung dieser Eigenschaften ist genaueste Werkstattarbeit und gute Konstruktion.

Die Verzahnungen werden aus Stahlkörpern von hoher Festigkeit auf Spezialmaschinen durch Hobeln oder durch Fräsen mittels schneckenförmiger Fräser erzeugt, wobei Werkzeug und Werkstück zwangläufig mit äußerster Genauigkeit gegeneinander bewegt werden. Um einen gleichmäßigen, sanften Eingriff der Zähne zu erzielen, werden sie nicht parallel zur Radachse, sondern einem steilen Schraubengang auf dem Radumfang folgend herausgearbeitet. Ein seitlicher Schub in Richtung der Achse wird vermieden, indem jedes Zahnrad zwei Verzahnungen trägt, die pfeilförmig gegeneinander gerichtet sind (Fig. 2). Gewöhnlich sind beide Verzahnungen sowohl beim kleinen Rad, dem sogenannten Ritzel, als auch bei dem großen Rad auf demselben Werkstück zu finden. Die Zähne des Pfeiles stoßen indessen nicht zusammen, sondern sind aus Gründen der Herstellung in der Mitte auf eine kurze Strecke entfernt. Die Zahl der Zähne ist eine verhältnismäßig große, ihre Höhe dagegen klein, entsprechend einer feinen Zahnteilung; die Breite ist um ein Vielfaches größer als bei gewöhnlichen Zahnrädern, in der Absicht, eine möglichst geringe Beanspruchung der im Eingriff befindlichen Zahnflanken zu erreichen. Diesen linienförmigen Eingriff auf der ganzen Breite der Verzahnung gleichmäßig auch bei höchster Belastung des Betriebes zu erhalten, gelingt nur, wenn das Ritzel stark genug dimensioniert ist, um nachweisbaren Durchbiegungen und Verdrehungen nicht ausgesetzt zu sein, wenn ferner die Räder zweckmäßig und genau gelagert und die Zähne mit höchster Genauigkeit bearbeitet sind. Der Erfolg der hochtourigen Zahnradvorgelege für große Leistungen beruht in der Tat auf der Vervollkommnung der Zahnräderfräsmaschinen, welche eine mathematisch genaue Zahnform mit einfach herzustellenden Werkzeugen selbsttätig erzeugen. Auch auf die Abnutzung des schneidenden Werkzeuges wird Rücksicht genommen, indem das Zahnprofil in mehreren Arbeitsgängen allmählich entwickelt wird und bei dem letzten Durchlaufen, das ohne Unterbrechung erfolgen muß, nur ein so feiner Span abgenommen wird, daß die Genauigkeit der Fräser oder Messer nicht beeinträchtigt wird. Wenn angenommen werden kann, daß in Bezug auf die Kurvenform der Zähne, die Zahnteilung und die vorkommenden Beanspruchungen wesentliche Unterschiede nicht anzutreffen sind, hat das Problem der Lagerung die Ingenieure in hohem Maße beschäftigt und zu grundsätzlich voneinander abweichenden Lösungen gebracht.

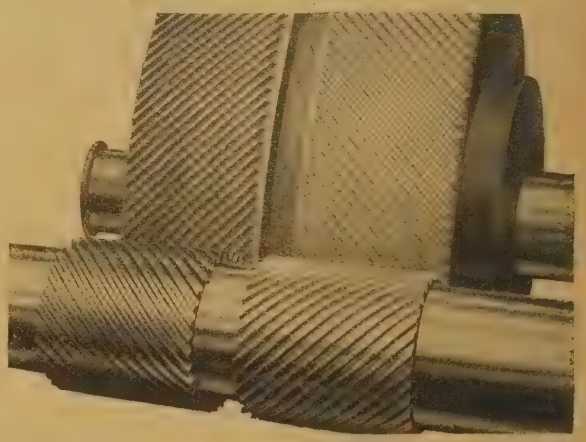


Fig. 2.

Das Getriebe wird allseitig von einem gußeisernen Gehäuse umschlossen, welches die Lager trägt. Unerläßlich und von ausschlaggebender Bedeutung für die Betriebsfähigkeit ist eine sorgfältig durchgebildete Schmierung und Kühlung der Verzahnung. Beiden Zwecken dient ein von einer besonderen kleinen Pumpe unterhaltener Ölkreislauf. Das Öl sammelt sich im unteren Teil des Gehäuses, wird von der Pumpe angesaugt, durch einen wassergekühlten Röhrenkühler gedrückt und in gleichförmigen Strahlen als Spülschmierung auf die zum Eingriff gelangenden Zähne gespritzt. Als Ergebnis dieser Sorgfalt im Entwurf und in der Herstellung ergibt sich ein Wirkungsgrad von etwa 97 % einschließlich der Verluste in den Lagerstellen; bei großen Betrieben sind die Wirkungsgrade noch bessere. Die zu bewältigenden Übersetzungen betragen bis zu 1 : 12. Stärkere Übersetzungen erfordern Doppelgetriebe, die ohne Schwierigkeiten ausführbar sind.

Die erreichten Wirkungsgrade zeigen, daß sich die Technik mit den Reduktionsgetrieben für Turbinen ein Hilfsmittel geschaffen hat, das die bisher bekannten, ähnlichen Zwecken dienenden Mechanismen durch die Kleinheit der daran haftenden Verluste weit überragt und das nicht ohne Einfluß auf das Bild sein wird, das die Geschichte des Maschinenbaues von der Entwicklung der nächsten Zeit bewahren wird.

Zuschriften an die Herausgeber.

Über die physikalischen Voraussetzungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Eine Unterredung mit Herrn *v. Laue* veranlaßt mich, meiner in Heft 3, S. 46 dieses Jahrgangs der *Naturwissenschaften* veröffentlichten Arbeit über die physikalischen Voraussetzungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung folgende Anmerkung hinzuzufügen.

Ich habe dort das Multiplikationstheorem der Wahrscheinlichkeitsfaktoren aus der Existenz einer Wahrscheinlichkeitsfunktion $\varphi(x, y)$ abgeleitet, ohne die spezielle Produktform

$$\varphi(x, y) = f(x)\ f(y)$$

vorauszusetzen. Ich konnte zeigen, daß diese spezielle Form für den Fall der *Un*abhängigkeit beider Vorgänge eintritt, und nannte sie das Multiplikationstheorem der Wahrscheinlichkeits*funktionen;* ich wies aber darauf hin, daß auch *ab*hängige Vorgänge bei einer gewissen Art der Klassifizierung ihrer Intervalle sich zur Herstellung eines Mechanismus eignen, der das Multiplikationstheorem unabhängiger Wahrscheinlichkeits*faktoren* befolgt.

Für den Beweis (vgl. Fig. 2 der genannten Arbeit) benutzte ich einen Grenzübergang; aber ich habe nicht deutlich genug betont, wie sich dieser Übergang *physikalisch realisieren läßt.* Seien z. B. die variierten Größen x und y die Fallzeiten zweier Münzen, dann läßt sich die Verkleinerung der Intervalle Δx und Δy nicht durch geometrische Operationen vollziehen, wie beim Roulettespiel, wo man dazu kleinere Sektoren abteilen kann, sondern nur durch Vergrößerung der Rotationsgeschwindigkeit der Münzen. Da es unendlich große Geschwindigkeiten nicht gibt, so wird also jeder physikalische Mechanismus die Gleichverteilung immer nur näherungsweise erreichen.

Es mag ferner Bedenken erregen, daß das Multiplikationstheorem der Wahrscheinlichkeiten schon für Vorgänge gelten soll, die nicht unabhängig sind. Denken wir z. B. die beiden fallenden Münzen durch eine starre, geführte Kupplung verbunden, etwa derart, daß die Fallzeit der einen immer um genau das gleiche Stück kleiner ist als die Fallzeit der anderen, dann wird für die Kombinationen von Kopf und Wappen das Multiplikationstheorem nicht mehr gelten. Aber in diesem Fall existiert auch keine stetige Funktion $\varphi(x, y)$, sondern diese Fläche wäre zu einer Kurve degeneriert, deren Projektion in die x-, y-Ebene eine Gerade ist. Erst wenn die Kupplung der beiden Vorgänge selbst derart variabel ist, daß sie durch eine Wahrscheinlichkeitsfunktion bestimmte Werte annimmt, wird sich zu jeder Kombination x, y, wenigstens in einem endlichen Gebiet der Ebene, auch eine Häufigkeitszahl angeben lassen, also eine stetige Funktion $\varphi(x, y)$ existieren. Aber es ist wiederum einleuchtend, daß sich bei einer derartig variablen Abhängigkeit bereits das Multiplikationstheorem für Kopf und Wappen ableiten läßt, wenn man nur durch Vergrößerung der Rotationsgeschwindigkeiten (die übrigens ungleich sein dürfen) beider Münzen die Intervalle Δx und Δy genügend verkleinert. Derjenige Grad von Abhängigkeit, der das Multiplikationstheorem der Wahrscheinlichkeits*faktoren* noch zuläßt, ist eben durch die Existenz von $\varphi(x, y)$ hinreichend charakterisiert, und die vollständige Unabhängigkeit beider Vorgänge und damit das Multiplikationstheorem der Wahrscheinlichkeits*funktionen* braucht deswegen noch nicht verwirklicht zu sein. Übrigens würde man auch in diesem Falle für die Ableitung des Multiplikationstheorems von Kopf und Wappen nicht auf den Grenzübergang durch Vergrößerung der Rotationsgeschwindigkeit verzichten können.

Derselbe Grenzübergang durch Vergrößerung der Rotationsgeschwindigkeit ist auch für die Ableitung der speziellen Form

$$\varphi(\vartheta) = \text{konst.}$$

notwendig; ich muß für die exakte Darstellung dieses Problems auf meine in der genannten Arbeit zitierte frühere Veröffentlichung S. 237 verweisen.

Ich bin Herrn *v. Laue* für seine Anregung zu dieser Ergänzung um so dankbarer, als die philosophische Analyse der Physik durch das Verfahren mancher Philosophen allzu diskreditiert ist, und die dazu nötigen Ableitungen gar nicht vorsichtig genug formuliert werden können.

Berlin-Lichterfelde, den 15. April 1920.

Hans Reichenbach.

Geographische Mitteilungen.

Die geographischen Grundlagen für den Bedarf an Motorpflügen auf der Erde. (Ernst Friedrich, Leipzig; aus *Martiny,* Motorpflüge II.) Die deutsche Motorpflugindustrie hat bei der Suche nach aufnahmefähigen Absatzmärkten folgende geographischen Gesichtspunkte zu berücksichtigen: Der zu bepflügende Boden muß möglichst eben sein; hügeliges oder kleinkuppiges Gelände (diluviale Höhenrücken) ist ungeeignet, desgleichen darf er keine größeren Steine (Findlinge) enthalten. Was das Klima anlangt, so müssen die Ernten sicher sein; sie dürfen nicht durch Dürren in Frage gestellt werden. Allzuhohe Niederschläge dagegen vernässen den Boden zu sehr; sehr hohe relative Feuchtigkeitsgrade bedingen Rostgefahr und rasche Abnutzung. Ebenso wie diesen muß die Konstruktion auch den Schwankungen der Lufttemperatur Rechnung tragen. Da der Motorpflug den von Tieren gezogenen Pflug ersetzen soll, kommen nur solche Ackerbaugebiete für ihn in Frage, in denen das Klima an sich (Tropen) oder die Verbreitung von Viehseuchen (Tsetsekrankheit, Texasfieber usw.) das Gedeihen jener erschwert, oder solche, in denen der Motorbetrieb billiger ist als der Gebrauch von Zugtieren. Das ist der Fall in erwachenden Agrarländern und in alten Ländern mit zunehmender Bevölkerung, in denen der gesteigerte Fleischbedarf eine Umstellung der Viehzuchtziele zuläßt. Die Düngerlieferung seitens des Zugviehs muß beim Übergang zum Motorbetrieb durch Einfuhr künstlicher Düngemittel ersetzt werden. Da der Motorpflug auch menschliche Arbeitskräfte erspart, eignet er sich nicht zur Einführung in übervölkerte Länder (China). Umgekehrt aber macht sich bei der landwirtschaftlichen Erschließung sehr dünn besiedelter Gegenden der Mangel an Menschen hinderlich geltend (ägyptischer Sudan). In bevölkerten Ländern, in denen Bergbau und Industrie Landflucht, Leutenot in der Land-

wirtschaft und hohe Löhne zeitigen, und in jungen Kolonialländern, in denen für landhungrige Einwandererströme rasch Neuland erschlossen werden muß, findet der Motorpflug sehr günstige Bedingungen. Die Bedienung des Pfluges setzt Schulung, die verbreitete Anwendung Verständnis der Bevölkerung voraus. Die Eingeborenen der Tropen vernachlässigen und verderben aus Unverstand die Maschinen (Philippinos); konservative Völker verhalten sich ablehnend (China). Großbetriebe sind natürlich geeigneter als kleine Wirtschaften; doch kann hier das Genossenschaftswesen einigermaßen verbessernd wirken. Von ungünstigem Einflusse ist das Pachtwesen. In einem an sich geeigneten Gebiete ist dann noch die Konkurrenzfähigkeit gegenüber dem Dampf- und dem Elektropfluge zu berücksichtigen: Dampfkraft erzeugender Holz- und Kohlenreichtum und die als Elektrizität weithin wirksame Wasserkraft begünstigen diese, dagegen sind Torfgas und Erdgas liefernde Böden und Petroleumländer mehr für den Motorpflug geeignet. Endlich hängt die Rentabilität von der Zugänglichkeit des Landes und den zur Heranführung von Heizmaterial und Arbeitern usw. verfügbaren Transportmitteln ab.

So betrachtet, verhalten sich die wichtigsten Ackerbaugebiete der Erde wie folgt: Was zunächst die halbariden Steppenböden anlangt, so leiden die Kornkammern Europas bei sonstiger Eignung meist unter der Zersplitterung des Bodenbesitzes (Südrußland) oder unter überwiegendem Pachtwesen (Rumänien, Spanien) oder unter kultureller Unreife der Besitzer (Südrußland). Nur Ungarn mit 31,2 % Großgrundbesitz ist günstig. In Sibirien herrscht zwar Kleinbesitz vor, doch breitet sich der Ackerbau aus; auch wird der Motorpflügung Verständnis entgegengebracht. Die fruchtbaren Lößgebiete Chinas fallen wegen Abneigung der Bewohner gegen das Neue, wegen Kleinbetrieb und billigster Menschenkraft weg. Dagegen sind die Prärien der Neuen Welt (Kanada, Westunion, Pampas, Argentiniens) Anwendungsgebiete ersten Ranges. Was die Ackerbaugebiete auf ehemaligem Waldboden anlangt, so sind in den Tropen, wo Haustier- und Arbeitermangel auf die Verwendung drängen, gute Erfolge erzielt worden in Insulinde und Ceylon, in Mauritius und in Cuba und Brasilien. In den gemäßigten Waldländern (Ostunion, Mitteleuropa), wo überwiegend hügeliger Boden, ins Kleine gehende Parzellierung und Notwendigkeit der Pferdezucht zu anderen Zwecken der Motorpflügung im Wege stehen, kann sie wenigstens insoweit geübt werden, um einer exportfähigen Industrie eine sichere Grundlage zu bieten. Das Hauptbetätigungsfeld des Motorpfluges sind demnach die Prärien der Erde.

B. Brandt.

Die Höhlen der Rheinpfalz *(Daniel Häberle, Beiträge zur Landeskunde der Rheinpfalz, Heft 1, Kaiserslautern 1918).* Die Höhlenforschung erfreut sich in Bayern, wo der fränkische Jura reich an Höhlen ist, besonderer Pflege; diese fand einen Ausdruck in der 1914 bei der bayerischen Akademie der Wissenschaften gegründeten Kommission für Höhlenforschung, deren Untersuchungen darauf abzielen, ein Bild von der Besiedlung des Landes während der Eiszeit zu erhalten. Der Höhlen des linksrheinischen Bayerns hat sich der durch zahlreiche Beiträge zur Landeskunde der Pfalz bekannte Herausgeber der „Pfälzischen Heimatkunde" angenommen, der in vorliegender Schrift neben einem kurzen Abriß der „Speläologie" eine schöne Sammlung von Höhlenbildern und einen Überblick über Beschaffenheit und Entstehung der Pfälzer Höhlen gibt.

Ursprüngliche Höhlen kommen nur in Miniaturform kalkspaterfüllter Hohlräume in den Eruptivgesteinen des nordpfälzischen Berglandes vor. *Später gebildete Höhlen* bzw. *Halbhöhlen* finden sich im Devonkalk bei Kreuznach, im Muschelkalke der südwestpfälzischen Hochfläche und in den tertiären Kalken der Haardt, hier z. B. an dem auch wegen seiner Flora charakteristischen und mit seiner Umgebung zum Naturschutzgebiet erklärten „Hohen Fels". *Dolinen,* „Löcher" genannt, treten über dem unteren Muschelkalk auf, im Tertiär haben *Erdfälle* Quelltümpel hervorgerufen. Aber auch der Buntsandstein — das ist der Kernpunkt der Schrift — ist reich an Höhlen. Sie beginnen unter der Wirksamkeit der Verwitterung und des Sickerwassers mit reihenweis angeordneten, durch sanduhrartige Pfeiler getrennten Löchern, die nach Zerstörung der trennenden Scheidewände zu Felsüberhängen oder Balmen werden. Gegen das Berginnere sich vertiefende Nischen werden zu Höhlen, die von zwei Seiten gegeneinander vorrückend Fenster oder Felsentore erzeugen können. Mit solchen Vorgängen geht auch die Bildung von Pilz- und Tischfelsen einher. Zur Entstehung von *Halbhöhlen* und *echten Höhlen* führt die tiefer- und weitergreifende Herauswitterung weniger widerstandsfähiger sandiger und toniger Schichten, besonders wenn sie unter harten Konglomeratbänken liegen. Bei stärkerer Beteiligung von Sickerwasser und nach außen fallenden Schichten können sie beträchtliches Ausmaß gewinnen. Häufiger sind *Klufthöhlen,* ausgehend von tektonischen Spalten und daher häufig in paralleler Anordnung. Durch verstürzte Felsmassen abgedeckt, werden sie zu *Überdeckungshöhlen.* Verstürzte Felsblöcke allein bilden, wenn das darunterliegende Erdreich ausgespült wird, *Trümmerhöhlen,* die Längen von 40 m und mehr erreichen. Die durch Verwitterung (von den Kluftflächen her) geformten Grate, Pfeiler, Türme usw. können ihrerseits in der oben geschilderten Weise ausgehöhlt werden und zur Bildung von *„orographischen Fenstern",* von *Felsentoren* und *Naturbrücken* Anlaß geben. — Künstliche Höhlen liegen in der Pfalz vor in alten Stollen und Schächten, in ausgedehnten Kelleranlagen, in „Erdställen" oder „Hauslöchern", verzweigten Kammern und Gängen, die in Kriegszeiten ganze Ortschaften bargen, und in Felsenburgen. In Löß- und Lehmablagerungen der pfälzischen Rheinebene finden sich auch durch Schächte zugängliche „Behälter" von Manneshöhe und abzweigenden kurzen Gängen; ihr Beschreiber *Grünenwald* hat sie mit einer Angabe von Tacitus über die unterirdische Aufbewahrung von Feldfrüchten in Zusammenhang gebracht. Sie leiten über zu den Wohngruben der Vorgeschichte und vereinzelten neuzeitlichen Erdwohnungen. — Unter den Vertretern der Höhlenpflanzen ist das Leuchtmoos zu nennen. Für die älteste Besiedlung scheinen die Höhlen der Pfalz, obwohl prähistorische und frühgeschichtliche Funde nicht fehlen, von geringerem Belang zu sein als die des rechtsrheinischen Bayern. Daß Höhlen *infolge von Radiumemanation therapeutische Bedeutung* erlangen können, zeigt die Kreuznacher „Radiumhöhle", eine zum Kurgebrauch hergerichtete alte Bergwerksanlage.

Neben vielen interessanten Einzelheiten zeigt uns *Häberles* Schrift, daß auch ein Buntsandsteingebiet höhlenreich sein kann, und daß es auch in Deutschland Gegenden gibt, in denen Höhlen aller Art die Landschaft in ähnlicher Weise charakterisieren, wie es nach unseren Kriegserfahrungen in Teilen Nordfrankreichs der Fall ist.

Der Norden von Portugiesisch-Ostafrika. *Beitrag zur Kenntnis des nördlichen Mosambik (O. Dietrich, Petermanns Mitt. Nov./Dez. Heft, 1919).* Der Verfasser, ein Teilnehmer des ostafrikanischen Feldzuges, gibt auf Grund seiner unter mannigfachen Schwierigkeiten auf einer Wegelänge von 3500 km durchgeführten Aufnahmen ein durch eine Routenkarte belegtes Bild von dem nur dürftig bekannten Hinterlande des nördlichen Mosambik. — Ein von dem Randgebirge des Njassasees abzweigender *w-ö* Höhenzug teilt das aus lateritischem Gneisboden, von Inselbergen aus kristallinischen Schiefern unterbrochene, Kohlenlager enthaltende Land in zwei klimatisch verschiedene Hälften, deren südliche die feuchtere ist. Der vornehmlich im Norden steppenhafte Boden trägt lichte Miombowälder, örtlich auch ausgedehnte Bambuswälder. Die Tierwelt und die Kulturgewächse ähneln den deutsch-ostafrikanischen. Abgesehen von Malaria und sporadischer Schlafkrankheit ist das Land gesund, doch wird es von der die Rinderzucht ausschließenden Tsetsefliege heimgesucht. Die zwei Bantustämmen angehörige, durch Sklavenjagden und neuerdings durch Abwanderung in das deutsche Gebiet gelichtete Bevölkerung ist sehr ungleich verteilt., zum Teil kriegerisch und den Portugiesen nicht günstig gesinnt. Die portugiesische Verwaltung beschränkt sich auf die Erhebung einer Kopfsteuer und stützt sich auf zahlreiche befestigte „Bomen". Die Kultivierung ist Konzessionsgesellschaften überlassen, die vor allem in dem intensiver bewirtschafteten Süden u. a. Kautschuk, Sisalagaven, Erdnüsse und Zuckerrohr anbauen, von denen das letztere schon im Lande zu Zucker und Rum verarbeitet wird. Straßen- und Bahnnetz sind sehr wenig entwickelt. Die Instandhaltung einiger Fernsprechleitungen erschwert der Rohstoffbedarf der in der Metallbearbeitung erfahrenen Eingeborenen. — In einer beigegebenen Isogonenkarte sind 33 über das ganze Land verstreute Deklinationsbeobachtungen angezeichnet. *B. Brandt.*

NW-Amazonien, ein Beitrag zur Geographie Äquatorialamerikas. (*Dr. P.-P. Bauer*, Brünn 1919, mit 3 Profilen, 10 Tafeln, 4 Abb. und 1 Kartenskizze). Der zu Kolumbien gehörige Teil des Amazonasbeckens gehört zu den unbekannteren Regionen des äquatorialen Südamerikas. Seiner Erschließung gelten die Reisen des amerikanischen Arztes *Hamilton Rice*, an deren zweiter der Verfasser, zum Teil eigene Wege einschlagend, teilnahm. In der vorliegenden Schrift gibt er ein auf seine Reiseergebnisse und die Literatur gegründetes Gesamtbild des Landes. Im Osten von der guayanischen Masse, im Westen von den Kordilleren eingerahmt, entlehnt Nordwestamazonien seine landschaftlichen Züge beiden Seiten. Im Osten ist es ein zerbrochenes Granit-, im Westen ein Aufschüttungsland; Bruchstufen in jenem, durch Durchlässigkeitsunterschiede in den Sandsteinen bedingte Landstufen in diesem rufen einen Landschaftswechsel in ostwestlicher Richtung hervor: die von Bruchstufen begrenzte, inselbergreiche Orinoko-Rio Negro-Sacke, eine Granitrumpffläche, eine wasserundurchlässige untere und eine durchlässige randlich in Tafelberge aufgelöste obere Sandsteinstufe. Mit der Bodengestaltung harmoniert das Flußnetz. Es folgt den Abdachungen, hat Katarakte an den Stufen, ist in der unteren Sandsteinstufe reich, in der oberen geringer entwickelt. Klimatisch erfährt das Gebiet eine Zweiteilung, in eine nördliche, dem NO-Passate unterworfene Region mit einer ausgesprochenen Trockenzeit und eine südliche, seiner Wirkung entrückte stets feuchte. Die Grenze beider Regionen ist gleichzeitig die zwischen den Grassteppen und Savannen der „Llanos" und den Wäldern der „Hylaea". *B. Brandt.*

Neuere Anschauungen über den Aufbau der Erdkruste. Über die Entwicklung und den Stand der Anschauungen über die Beschaffenheit der Erdkruste gegen die Jahrhundertwende gibt *Siegmund Günther* in seinem *Handbuche der Geophysik*, 2. Auflage, 1917 (Bd. I, dritte Abt., Kap. II) einen Überblick (vgl. auch *Penck, Morphologie der Erdoberfläche*, Bd. I, erstes Buch, Kap. IV). Seither ist unsere Anschauung durch die Fortschritte der Gesteinskunde und der geophysikalischen Wissenschaft, vornehmlich durch die Ergebnisse der Schweremessung und der Erdbebenforschung nicht unerheblich verändert worden. Aufschluß hierüber gibt eine Anzahl in jüngster Zeit veröffentlichter zusammenfassender Aufsätze, von denen vorzugsweise folgende zu nennen sind: *Arldt, Die Entstehung der Kontinente*, Umschau 1912, Heft 33; *Sachs, Über den Aufbau der Erde und die Eruptivgesteine*, Geographischer Anzeiger 1918, Heft V/VI; *Arldt, Die Frage der Permanenz der Kontinente und Ozeane;* Geographischer Anzeiger 1918, Heft I/II. Die wesentlichsten, z. T. allerdings noch umstrittenen Züge unseres heutigen Bildes von der Erdkruste seien im folgenden in kurzen Leitsätzen und einer tabellarischen Übersicht zusammengestellt.

Maße		Stockwerke	Wesentliche Stoffe	Dichte	Zustand	Gesteinsbildende Mineralien	Gesteine
Kruste = 15 000 km	100 km		Si K	2,7	starr	Kalifeldspat	Alkaligesteine
		Sal	Si Na			Kalknatronfeldspat	Alkali-Kalkgesteine
			Si Ca				
		Sima (Sifema)	Si Ca Mg Ni Fe	3,4	zähflüssig	Eisenglimmer Augit Hornblende u. a.	Feldspatfreie (Pyroxenite Peridotite)
Kern		Nife	Ni Fe	8,5	starr		

Die alte Hypothese von *Sueß*, nach der die Erde aus einem schweren Kerne (*Nife*), einer mittelschweren inneren (*Sima*) und einer leichteren äußeren Umhüllung (*Sal*) besteht, ist durch neuere Forschungen bestätigt worden. Die Erdbebenforschungen *Wiecherts* haben einen Kern von einer ein Viertel Erdhalbmesser mächtigen Schale unterscheiden gelehrt, während Untersuchungen über die eruptiven Gesteine die Scheidung der Kruste in zwei verschiedenartig zusammengesetzte Schalen erwiesen haben. *Sueß'* Namen versinnbildlichen die wesentlichsten Bestandteile der einzelnen Teile, über deren Zusammensetzung folgendes bekannt ist: Der Kern besteht wesentlich aus Ni und Fe, das Sal aus Si, Al und aus Ca, Na und K. Das Sima enthält neben dem Si, welches nach außen hinüberleitet, auch noch die Stoffe des Kernes, Fe als wesentlichen Gemengteil (weshalb man auch von *Sifema* spricht), Ni als gelegentlichen. Im Sal folgen Ca, das schon im Sima vertreten ist, Na und K je in einer Zone vorherrschend aufeinander von innen nach außen und gliedern es so in 3 oder — die Ca- und Na-Zone vereinigt — in zwei Unterabteilungen. Für das Sal wird eine Mächtigkeit von 100 km und mehr angenommen, sodaß das Sima die große Masse der Kruste ausmacht. Die in konzentrischer Anordnung die Erde aufbauenden Stoffe nehmen von innen nach außen an Schwere ab, mit Ausnahme des leichten Mg im Sima. Da aber dieses Dichteminus durch das Plus des Fe ausgeglichen wird, gilt für die Krustenstockwerke eine regelmäßige zentrifugale Abnahme des spezifischen Gewichtes. Einblick in das Erdinnere gewähren allein die an die Oberfläche ausgehenden vulkanischen Gesteine, unter denen man heute zwei große Gruppen unterscheidet, die Feldspatgesteine und die feldspatfreien Gesteine; die ersteren werden wieder in zwei Reihen, die Alkali- und die Alkalikalkgesteine eingeteilt. Früher ging die Erforschung dieser Gruppen von ihrer geographischen Verteilung an der Oberfläche aus, an der man verschiedene „Gesteinsprovinzen" unterschied. Diese Betonung der horizontalen Ausdehnung, welche zu keinem befriedigenden Ergebnis führte, ist nun heute verlassen; man versucht vielmehr ihre Verbreitung in vertikaler Richtung vom Aufbau der Kruste ausgehend zu verstehen. Es wird demgemäß angenommen, daß die an der Oberfläche nebeneinander auftretenden Gesteine innerhalb der Kruste der Schwere nach angeordnet sind, daß also die schweren feldspatfreien im Sima, die leichten feldspathaltigen aber in der Salzone wurzeln. Unter diesen würden die leichteren Alkaligesteine der oberen, die schwereren Alkalikalkgesteine den beiden tieferen Unterabteilungen zuzuschreiben sein.

Das Sal, der der äußeren Wahrnehmung allein zugängliche Gesteinsmantel ist starr, als starr ist von *Wiechert* auch das Nife erkannt worden. Das Sima ist starr den Erdbeben- und den Gezeitenwellen gegenüber, gibt aber der Erdrotation wie ein plastischer Körper nach. Hieraus ist ein die Mitte zwischen starr und flüssig haltender Zustand zu folgern, der am besten mit dem des harten, doch elastischen Asphaltes verglichen werden kann. Auf diesem äußerst zähflüssigen Magma ruht die starre Salhülle. Der Umstand, daß der Boden der Ozeane schwerer ist als die kontinentalen Landmassen, beweist, daß die Salkruste nicht gleichmäßig dick ist. Sie ist entweder unter den Meeren stark verschmält oder sie keilt überhaupt aus, so daß das Sima hier an die nur noch von Sedimenten und Wasser bedeckte Oberfläche tritt. Die letztangeführte Möglichkeit bildet den Ausgangspunkt der Aufsehen erregenden Hypothese *Wegeners*. Ihm sind die Kontinentalblöcke, die die Hauptzüge im heutigen Erdantlitz bilden, nicht wie für viele (z. B. *Penck)* etwas festes, einmal gegebenes, nur unwesentlich durch vertikale Kräfte (tektonische Bewegungen, Niveauverschiebungen) veränderliches. Er betrachtet sie vielmehr als Salschollen, die in einem zähflüssigen Simaozeane im wahrsten Sinne des Wortes schwimmen, schwimmenden Eisbergen gleich den Gesetzen der Hydrostatik unterliegen und neben vertikalen auch zu horizontalen Bewegungen fähig sind. Sima und Meerwasser halten einer im Mittel 100 km mächtigen Salscholle das Gleichgewicht. Belastung (Inlandeis) läßt sie tiefer einsinken, Entlastung (Schwinden des Inlandeises, Abtragung) läßt sie emportauchen. Die in küstennahen, noch im Bereiche des Sockels liegenden unterseeischen Mulden abgelagerten Sedimente sinken, um das gestörte Gleichgewicht wiederherzustellen, um den ganzen Betrag ihrer Mächtigkeit und bauen die mächtigen gleichartigen Gesteinsfolgen der „Geosynklinalen" auf.

Die Ortsänderung der Kontinente soll folgendermaßen vor sich gehen: Unter dem Einflusse nicht näher bestimmbarer intratellurischer Vorgänge wird die feste Kruste durch Risse in einzelne Schollen zerteilt, die unter der Wirkung von Strömungen des zähflüssigen Sima treiben (die Strömungen hat *Kohn* physikalisch zu begründen versucht). Hierbei werden die lockeren Sedimentfolgen der Synklinalen an den Stirnseiten der Schollen gefaltet und übereinandergeschoben zum Randgebirge, Riß und Bewegung aber trennen Gleiches von Gleichem und schalten Meeresräume dazwischen, deren Küstenlinien ineinanderpassen. (Beispiel: Südamerika, das ursprünglich mit Afrika vereinigt, sich von diesem um die Breite des Atlantischen Ozeans entfernt hat, das am Stirnrande in den Kordilleren gefaltet ist, in den guayanischen Gebirgszügen die Fortsetzungen der sudanischen aufweist und mit seiner vorspringenden Ostküste in die Guineabucht hineinpaßt. Durch horizontale Bewegungen können natürlich ursprünglich getrennte Schollen zusammenstoßen und sich längs „Nahtlinien" vereinigen. (Als solche werden von *Kohn* die Linien des Mississippi, Amazonas und Parana-Paraguay angesehen.)

Der Ausgangspunkt der Kontinentalverschiebungen soll eine gleichmäßig dicke, von einem gleichmäßig tiefen Urozean bedeckte Salrinde gewesen sein. Ihr Bersten und die erste Scheidung von Land und Meer soll in den ältesten geologischen Zeiten vor sich gegangen sein. Der erste Riß wird im Gebiete des Stillen Ozean gesucht. Von dem im Paläozoikum noch bestehenden Afrika einschließenden Urkontinente haben sich in der Trias Australien und die Antarktis, im älteren Tertiär Südamerika abgetrennt. Infolge der Auffaltung der Stirngebirge werden die Kontinentalschollen immer kleiner, die Ozeanfläche immer größer, ohne daß eine Umkehr eintreten kann.

B. Brandt.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Polflut in der Nord- und Ostsee. Die Verlagerung der Drehachse der Erde im Erdkörper innerhalb eines Zeitraumes von etwa 14 Monaten, der Chandlerschen Periode, bringt eine Veränderung der Niveauflächen der Erde mit sich. Während sich der feste Erd-

körper infolge seiner Starrheit nur zum Teil den neuen Verhältnissen anpassen wird, ist in Anbetracht der Länge der Chandlerschen Periode im Vergleich zur freien Schwingung der Meere für das Meeresniveau anzunehmen, daß es den veränderten Bedingungen völlig folgen wird. Die Untersuchungen der Wasserstandsbeobachtungen zu Helder (1855—1912) und Amsterdam durch *Bakhuizen* und von Beobachtungen an drei Orten der atlantischen Küste und an zwei Orten der pazifischen Küste der Vereinigten Staaten durch *Christie* führten zu dem Ergebnis, daß der Meeresspiegel tatsächlich eine Schwankung mit einer Periode von etwa 430 Tagen aufweist, allerdings ist die Amplitude sehr klein, es wurde gefunden für Helder 8,2 mm, für Amsterdam 13,8 mm, für zwei Orte in der Nähe von San Francisco 15 mm.

E. Przybyllok hat nun in einer jüngst erschienenen Arbeit (Über die sogenannte Polflut in der Ost- und Nordsee, Veröffentlichung des Preußischen Geodätischen Instituts, Neue Folge Nr. *80*, Berlin 1919) untersucht, ob sich eine Wasserstandsschwankung mit der Chandlerschen Periode in der östlichen Nordsee und der Ostsee nachweisen läßt. Die einzelnen Monatsmittel der Wasserstände der untersuchten Orte wurden zunächst von dem Einflusse der jährlichen Periode befreit und nach der vierzehnmonatigen Periode der Poltide geordnet. Als Länge der Chandlerschen Periode wurde 434 Tage angenommen. Die Ausgleichung ergibt für die einzelnen Orte Ausdrücke von der Form $A \cdot \sin(\alpha - \varphi)$, in denen A die Amplitude der Poltide, α den von 1855, Januar $15.^5$ an gezählten Zeitraum, φ den Phasenwinkel bedeutet. In folgender Tabelle sind die gefundenen Werte für einige ausgewählte Orte gegeben.

der großen Verschiedenheit der Werte φ in obiger Tabelle bei doch nur kleinen Längenunterschieden der Orte offensichtlich nicht der Fall. Deutlicher noch zeigt dies die schlechte Übereinstimmung bei Untersuchung eines besonderen Falles. Es wurde das Maximum der Polhöhe für den Greenwicher Meridian für $1910._{732} = 1910$ September 24 zugrunde gelegt. Bei keinem der untersuchten Orte zeigen die abgeleiteten Wellen Übereinstimmung in der Phase. Die drei Häfen der deutschen Ostseeküste liefern eine Phasenverspätung von annähernd 180 °, die dänischen Häfen eine solche von rund 45 ° usw.

Hiernach scheint es sehr unsicher, ob wirklich ein ursächlicher Zusammenhang zwischen der Verlagerung der Drehachse der Erde und der abgeleiteten Flutwelle besteht. *Przybyllok* kommt unter Berücksichtigung der regionalen Abhängigkeit der Phase zu der Vermutung, daß die in der Nord- und Ostsee aufgefundene Flutwelle von etwa 1 cm Höhe und etwa 14-monatiger Periode meteorologischen Ursachen ihre Entstehung verdankt. *Bruno Schulz.*

Die Durchforschung der Erdrinde und ihre Nutzbarmachung im Berg- und Tiefbau (*R. Ambronn, Zeitschrift für angewandte Chemie 32*, S. 353—355, 1919, Nr. 90). Die Aufschlußarbeiten, die uns über den Aufbau der obersten Schichten der Erdkruste aufklären sollen und großen praktischen Wert haben, teilt *Ambronn* ein in solche bergmännischer bzw. geologischer und in solche physikalischer Natur. Das Anwendungsgebiet der letzten Gruppe ist außerordentlich groß; die Methoden dieser Gruppe lassen sich jedem in Frage kommenden Fall anpassen. Schon vor einer Reihe von Jahren sind Versuche angestellt worden, um mit

	Breite	Länge östl. v. Greenw.	Untersuchter Zeitraum	A φ	Phasenverspätung in Graden gegen das Maximum der Polhöhe am 24. September 1910 (Greenw. Meridian)
Kolbergermünde	54° 12′	15° 33′	1816—1896	$8{,}3 \cdot \sin(\alpha - 228^0)$	171
Swinemünde	53° 55′	14° 17′	1811—1846	$14{,}2 \cdot \sin(\alpha - 308^0)$	252
„			1847—1882	$15{,}3 \cdot \sin(\alpha - 207^0)$	151
„			1883—1918	$13{,}7 \cdot \sin(\alpha - 186^0)$	129
„			1811—1918	$8{,}7 \cdot \sin(\alpha - 225^0)$	169
Kopenhagen	55° 41′	12° 36′	1891—1910	$8{,}6 \cdot \sin(\alpha - 115^0)$	61
Frederikshavn	57° 26′	10° 34′	1898—1910	$8{,}8 \cdot \sin(\alpha - 78^0)$	26
Cuxhaven	53° 52′	8° 42′	1843—1919	$15{,}3 \cdot \sin(\alpha - 153^0)$	103
Bremerhaven	53° 33′	8° 34′	1898—1919	$11{,}6 \cdot \sin(\alpha - 127^0)$	77
Wilhelmshaven	53° 32′	8° 9′	1854—1875	$19{,}6 \cdot \sin(\alpha - 111^0)$	61
„			1875—1896	$15{,}0 \cdot \sin(\alpha - 178^0)$	128
„			1896—1919	$12{,}7 \cdot \sin(\alpha - 151^0)$	100
„			1854—1919	$12{,}4 \cdot \sin(\alpha - 144^0)$	94

Die Bestimmung der Amplitude der Poltide erscheint recht unsicher, der mittlere Fehler der Amplitude ist nur wenig kleiner als ihr eigener Wert, außerdem weisen die Amplituden in den verschiedenen Epochen keinen Parallelismus mit dem Ausschlag der Polbewegung auf, wie ihn *Bakhuizen* für Amsterdam gefunden hatte. Sowohl in Swinemünde wie in Cuxhaven und Wilhelmshaven liefern die Zeitabschnitte der Mitte des vorigen Jahrhunderts größere Amplituden als der das Ende des vorigen und den Anfang des jetzigen Jahrhunderts umfassende Abschnitt, in dem die größten bisher bekannten Polhöhenänderungen festgestellt sind. Weiterhin müßte, wenn wirklich die Poltide die Ursache der abgeleiteten Wellen ist, ein beobachtetes Minimum der Flut mit einem Maximum der Polhöhe am gleichen Ort zusammenfallen. Dies ist bei

Hilfe elektrischer Ströme oder Wellen Aufschluß über die Beschaffenheit der Erdkruste an bestimmten Stellen zu erhalten. Diesen Weg haben *Leimbach* und *Loewy* seit 1910 eingeschlagen, und auch mit praktischem Erfolge. Leitende Gesteine werden mit elektrischen Strömen, nichtleitende mittels elektrischer Wellen untersucht. In der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, Jahrgang 1914 und 1915, hat *Leimbach* eine Zusammenstellung dieser Arbeitsweisen in eingehender Form gegeben (Elektrische Wellen und Schwingungen zur Erforschung des Erdinnern, Teil I und II). Nach kurzer Erörterung dieser Methoden geht *Ambronn* auf die Verwertung radioaktiver Messungen zur Vervollständigung geologischer Geländeaufnahmen über und unter Tage ein. „Es hat sich nämlich durch umfangreiche Untersuchungen gezeigt,

daß gewisse radioaktive Größen sich in der Nähe von Verwerfungen oder Lagerstätten sowie beim Wechsel der geologischen Formation gesetzmäßig ändern, und daß aus der Lage dieser Orte veränderter radioaktiver Größen und aus der besonderen Art dieser Änderungen auf mannigfache Eigenschaften der geologischen Objekte geschlossen werden kann, welche für den Bergmann von größter Bedeutung sind." Dieser von *Ambronn* eingeschlagene Weg scheint sehr aussichtsreich zu sein, zumal er sehr einfach und, was nicht zu übersehen ist, auch billig ist. Anschließend hieran geht der Verfasser auf die Verwendung von Wünschelruten zur Untersuchung des Untergrundes ein. Auch diese Methode, eine physiologische, ist einfach und billig und hat eine Reihe von Erfolgen aufzuweisen. Insbesondere arbeitet *Ambronn* darauf hin, um zwischen Geologie, Radioaktivität und Wünschelrutenproblem hinsichtlich Kenntnis der obersten Erdkruste einen sicheren Zusammenhang zu erlangen, was nur zu begrüßen ist. In der Zeitschrift „Glückauf", Essen 1919, Nr. 40 und 47, geht *Ambronn* näher auf dieses Thema ein. Andere Methoden zur Erforschung der obersten Erdkruste werden auch kurz gestreift; hierher gehört vor allem die Beobachtung der Schwereänderung mit Hilfe der Eötvösschen Drehwage. Ob dieser Weg die praktischen Ziele der Erforschung der Erdrinde verfolgend sich als erfolgreich erweisen wird, bleibt abzuwarten, einfach und billig ist er nach den bisherigen Erfahrungen nicht. Vielleicht können auch seismische Instrumente in gewisser Weise mithelfen. *Mainka.*

Die Energieverteilung in den Spektrallinien. Für unsere Kenntnis vom Aufbau des Atoms ist die Erforschung der Energieverteilung innerhalb der einzelnen Spektrallinien und auch über das ganze Spektrum entschieden wertvoller als die bisher fast ausschließlich ausgeführten Wellenlängenbestimmungen. Leider fehlte es dazu bisher an einer geeigneten Methode. Häufig begnügte man sich mit einer subjektiven Schätzung von 1 bis 10, die noch durch die verschiedene Empfindlichkeit des Auges oder der photographischen Platte für die einzelnen Spektralbezirke gefälscht wurde. Dazu kommt bei letzterer die komplizierte Natur des Schwärzungsgesetzes. Über eine sehr einfache und elegante Methode zur genauen Intensitätsvergleichung berichtet nun *J. W. Nicholson* in einem Vortrage vor der Royal Institution (Nature *103*, S. 495, 1919), die von *Merton* ausgearbeitet ist. Bei dieser setzt man vor den Spalt des Spektralapparates einen Grauglaskeil, so daß seine Kante senkrecht zum Spalt steht, und der durch einen Klarglaskeil zu einer Planparallelplatte ergänzt ist. Je nach der Intensität nehmen dann die einzelnen Linien eine verschiedene Länge an. Um von der Änderung der Empfindlichkeit der photographischen Platte unabhängig zu sein, wird auf ihr ebenso ein Spektrum des positiven Kraters erzeugt, dessen Energieverteilung bekannt ist. Es wurden hiermit eine Reihe interessanter Ergebnisse erzielt, von denen einige wiedergegeben seien. Bei Zusatz geringer Mengen von Helium oder Neon zu Wasserstoff wächst die Intensität der kurzwelligen Balmerlinien relativ stärker als die der langwelligen. Verschiedene Beträge von Verunreinigungen können sich dabei ganz verschieden verhalten. In den einzelnen Teilen einer Geißlerröhre sind wegen der verschiedenen Erregung (Stromdichte, Potentialgefälle) die Intensitätsverhältnisse ganz verschieden; so tritt in einem eng begrenzten Teile einer Heliumröhre die Funkenlinie 4686 zugleich mit dem Heliumbandenspektrum auf. Von großem Einfluß auf die Intensität sind ferner die Bedingungen des Entladungskreises (Kapazität, Vorschaltfunkenstrecke) und der Druck. Durch kondensierte Entladungen bei niedrigem Druck werden namentlich die Heliumlinien 4472 und 4388 sehr stark, die auch in den Spektren einiger planetarischer Nebel eine außerordentliche Intensität aufweisen.

Wichtiger ist aber noch, daß die neue Methode vor allem die Intensitätsverteilung innerhalb der einzelnen Linie auf einen Blick erkennen läßt. Je nach der Art der Erzeugung und der etwa dadurch bedingten Aufspaltung in einzelne Komponenten nimmt das Ende der Linien andere Formen an, die man am besten auf stark vergrößerten Positiven auf Bromsilberpapier erkennt. Bei der gewöhnlichen (nicht kondensierten) Entladung ist das Ende von einer symmetrischen Parabel begrenzt und zeigt damit direkt die nach dem Wahrscheinlichkeitsgesetz erfolgende Verteilung der Geschwindigkeiten der einzelnen strahlenden Atome im Gase an; in diesem Falle rührt also die Linienbreite von dem Dopplereffekt her. Bei kondensierten Entladungen (durch welche die Linien breiter werden) zeigen die Balmerlinien des Wasserstoffs keilförmige Enden mit ausgesprochenen Knoten oder Einschnürungen. Ersteres weist auf einen exponentiellen Intensitätsabfall hin, diese zeigen das Auftreten neuer Komponenten an. Sie erwiesen sich als identisch mit den von *Stark* im elektrischen Felde gefundenen (bei Wasserstoff, Helium und Lithium), so daß man demnach auf diesem Wege auch die elektrische Aufspaltung der Spektrallinien untersuchen kann. Bei Benutzung eines Interferenzspektroskopes (Lummer-Gehrcke-Platte) mit vorgesetztem Graukeil ergab sich, daß die Balmerserie keine Neben-, sondern eine Hauptserie ist, die aus Dubletts besteht, deren Abstand mit wachsender Ordnungszahl abnimmt. Die einfache Methode der Intensitätsvergleichung dürfte demnach neben der von *Koch* mit der Photozelle ausgeführten (die merkwürdigerweise nicht erwähnt ist) noch weitere interessante Resultate liefern, namentlich auch bei der Erforschung astrophysikalischer Vorgänge. *B.*

Über die Energieverteilung im sichtbaren Spektrum der Azetylenflamme. (*E. P. Hyde, W. E. Forsythe* und *F. E. Cady*, Phys. Rev. *14*, 379—388. 1919.) Über die relative Energieverteilung im sichtbaren Spektrum eines Strahlers gibt dessen „Farbtemperatur" Aufschluß, welche als diejenige Temperatur des schwarzen Körpers definiert ist, bei der dieser die gleiche Farbe besitzt wie der zu untersuchende Strahler. Die Messung der Farbtemperatur erfolgt mit dem Lummer-Brodhunschen Kontrastphotometer, wenn man gleichzeitig auf gleiche Helligkeit beider Strahler einstellt. Im idealen Fall ist zu fordern, daß das Energieverhältnis Q zwischen der monochromatischen Strahlungsintensität eines Körpers von der Farbtemperatur T und der Strahlungsintensität eines schwarzen Körpers von der Temperatur T' unabhängig von der Wellenlänge ist.

Spektralbolometrische Untersuchungen an zylindrischen Acetylenflammen zweier verschiedener Brennerkonstruktionen („Crescent Aero"-Brenner und „Eastman Standard"-Brenner) zeigen, daß diese letztere Forderung nicht sehr gut erfüllt ist, obwohl die direkte Ermittelung der Farbtemperatur ohne Schwierigkeit möglich war. Diese führte beim East-

man-Brenner zu dem Wert $T = 2360°$ abs. und beim Crescent Aero-Brenner zu $T = 2434$ bis $2450°$ abs.

Die Beobachtungen lieferten folgende Werte von Q für verschiedene Farbtemperaturen, wenn willkürlich für $\lambda = 0{,}48$ $Q = 1$ gesetzt wird:

	Crescent Aero			Eastman Standard	
λ	$T =$	$T =$	$T =$	$T =$	$T =$
in μ	2434° abs.	2360° abs.	2450° abs.	2360° abs.	2450° abs.
0,40	0,62	0,58	0,62	0,58	0,62
0,42	0,74	0,70	0,75	0,70	0,75
0,44	0,86	0,83	0,87	0,83	0,87
0,46	0,94	0,93	0,95	0,93	0,95
0,48	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,50	1,04	1,06	1,04	1,06	1,04
0,55	1,05	1,11	1,04	1,11	1,04
0,60	1,05	1,14	1,03	1,14	1,03
0,65	1,02	1,13	1,00	1,13	1,00
0,70	0,99	1,11	0,96	1,10	0,95
0,72	0,98	1,10	0,95	1,09	0,93
0,74	0,97	1,10	0,93	1,08	0,91

Henning.

Das Reflexionsvermögen von Wolfram bei Glühtemperaturen. (*W. Weniger* und *A. H. Pfund*, Phys. Rev. *14*, 427—433, 1919.) Das Reflexionsvermögen wurde an einem gezogenen Wolframdraht von 0,9 mm Durchmesser gemessen, der u-förmig eng zusammengebogen war und nach Abschleifen auf halbkreisförmigen Querschnitt durch Schwefelblume und Rot poliert wurde. Der so vorbereitete Draht wurde wie ein Glühlampenfaden in eine Glasbirne gesetzt und dann mit einem Spektralbolometer die Energie bestimmt, welche an dem kalten oder an dem bei verschiedener Temperatur glühenden Wolframspiegel von einer Lichtquelle zurückgeworfen wurde.

Die wesentlichen Ergebnisse dieser Messungen sind in der folgenden Tabelle enthalten, in der für verschiedene Wellenlängen λ und Spiegeltemperaturen T das Verhältnis P = Reflexion bei Temperatur T zu Reflexion bei Zimmertemperatur angegeben ist.

λ	$T =$	$T =$	$T =$	$T =$
in 0,001 mm	1380° abs.	1632° abs.	1859° abs.	2067° abs.
0,67	1,06	1,074	1,087	1,089
1,27	1,000	1,000	1,000	1,000
1,90	0,933	0,919	0,902	0,890
2,00	0,925	0,908	0,891	0,877
2,90	0,923	0,906	0,889	0,876

Bei $\lambda = 1{,}27$ μ erwies sich also das Reflexionsvermögen des Wolframs unabhängig von der Temperatur, während es bei kürzeren Wellenlängen mit wachsender Temperatur steigt und bei längeren Wellen mit wachsender Temperatur abnimmt. Bereits von 2 μ an wird diese Abhängigkeit gemäß der Maxwellschen Theorie durch die Formel $R = 100 - 3650\sqrt{\frac{Q}{\lambda}}$ zum Ausdruck gebracht.

Aus der vorstehenden Tabelle ist weiter zu entnehmen, daß sich die Verhältniszahl P zwischen 0,67 und 2 μ nahezu linear mit der Wellenlänge ändert, für größere Wellenlängen bis $\lambda = 2{,}9$ aber fast konstant bleibt.

Zur Kontrolle beobachteten die Verfasser auch den absoluten Wert des Reflexionsvermögens an dem auf Zimmertemperatur befindlichen Spiegel. Sie teilen indessen hierüber keine Zahlen mit und geben nur an, daß das Reflexionsvermögen vor der Beobachtungsreihe mit dem glühenden Spiegel größer war als nach derselben und daß die anfänglich bei $\lambda = 0{,}8$ und 1,4 μ deutlich beobachteten Minima des Reflexionsvermögens bei der Schlußmessung nicht mehr auffindbar waren. Als Grund hierfür wird angegeben, daß die Oberfläche des Spiegels nach dem Glühen Furchen aufwies und also inzwischen Veränderungen erlitten hatte. *Henning.*

Gasverbrauch in den deutschen Städten. Über die Entwicklung des Gasverbrauchs in einer großen Reihe von deutschen Städten veröffentlicht Dr. *Schilling* im Journal für Gasbeleuchtung, 61. Jahrg., S. 378—380, interessante statistische Angaben. Danach hat die Gesamtgasabgabe auf den Kopf der Bevölkerung in den letzten zehn Jahren eine erhebliche Zunahme erfahren, die in der folgenden Zusammenstellung deutlich zum Ausdruck kommt.

	Einwohnerzahl				
	über 500 000	500 000 bis 100 000	100 000 bis 50 000	50 000 bis 10 000	10 000 bis 2 000
	cbm	cbm	cbm	cbm	cbm
1916/17	128	104	93	77	76
1911/12	112	92	72	65	70
1909/10	108	86	72	65	67
1902/03	89	73	62	54	46

Die im Kriege notwendig gewordenen Maßnahmen zur Einschränkung des Gasverbrauchs kommen im Jahre 1916/17 somit noch nicht zur Geltung. Die Zahl der Gasabnehmer hat in den letzten 5 Jahren eine besonders starke Zunahme erfahren, und zwar in den größten Städten von 152 auf 222 auf je 1000 Einwohner, in den kleinsten Städten von 95 auf 119 auf je 1000 Einwohner. Da die Gasabnehmer in der Regel aus Familien von 4 bis 5 Köpfen bestehen, so gibt es in den Großstädten wohl kaum mehr Einwohner, die keinen Gasanschluß besitzen. Dieses Ergebnis ist vornehmlich der wachsenden Einführung von Münzgasmessern zu verdanken. Ihre Flammenzahl stieg in den letzten fünf Jahren in den größten Städten von 106 auf 312, in den kleinsten Städten von 18 auf 73, auf je 1000 Einwohner berechnet; der Gasverbrauch auf Münzgasmesser hat indessen einen kleinen Rückgang erfahren, was mit der Einführung des Gases in die breiten unteren Bevölkerungsschichten zusammenhängt. Die Anschlußdichte, d. i. die Zahl der Gasabnehmer auf 1 km Rohrnetzlänge, wächst naturgemäß mit der Größe der Städte, sie ist besonders in den Städten mit 50 000 bis 100 000 Einwohnern gewachsen, und zwar von 89 auf 142 in den letzten 5 Jahren. Diese Zahlen zeigen deutlich die gesunde Entwicklung der Gasindustrie, was umso erfreulicher ist, als die Entgasung der Kohlen ihre wirtschaftlichste Ausnutzung darstellt. *S.*

Kurze starke Regenfälle in Bayern, ihre Ergiebigkeit, Dauer, Intensität, Häufigkeit und Ausdehnung. *J. Haeuser.* — Abhandlungen der Bayer. Landesstelle für Gewässerkunde. 60 und 242 S. Mit 7 Abb. im Wortlaut und 245 Abb. auf 14 Tafeln. München 1919. Ein vortreffliches Werk, um das viele Staaten Bayern beneiden können, denn kein anderes Land kann

eine so eingehende und vielseitige, musterhafte Untersuchung der dichten Niederschläge, noch dazu in reinem Deutsch aufweisen. Hätte Verfasser die Grundgedanken meiner gleichzeitig veröffentlichten methodologischen Ausführungen (siehe Die Naturwissenschaften 7, 816, 1919) noch benutzen können, so wäre der Wert noch erhöht worden. Aber auch so bringt sie viel Nützliches und Neues. Über ihren Zweck sagt Verfasser: „Die Arbeit widmet sich einer sowohl nach der wassertechnischen als auch klimatologischen Seite möglichst erschöpfenden Untersuchung der kurzen starken Regen von 1 Min. bis zu etwa 6 Stunden Dauer — also in der Hauptsache Gewitterregen oder ihnen ähnliche." Weiteres besagt der Titel. Dichte ist die Durchschnittsmenge in 1 Min. Verfasser unterscheidet danach Starkregen, Platzregen und stärkste Platzregen und vergleicht seine Ergebnisse mit den von *Hellmann* für Norddeutschland abgeleiteten; er stellt dabei auffällige Übereinstimmung fest.

Die dichten Niederschläge waren einerseits den Meldungen der Regenstationen, andererseits den Aufzeichnungen selbstschreibender Regenmesser entnommen. Da diese Werte aber noch nicht genügten, um namentlich über die örtliche Verbreitung eine Vorstellung zu gewinnen, wurden Ergänzungsmessungen nach dem sogenannten Scheffelverfahren eingerichtet.

Ein kreisrundes Holz- oder Blechgefäß von 20 bis 40 cm Durchmesser wurde beim Nahen eines Gewitters ausgesetzt und nachher die Regenmenge auf ⅛ Liter (d. h. auf 1 bis 5 mm Regenhöhe) genau gemessen. Solcher Meßstellen gab es in den Jahren 1908—15 je etwa 3000 bis 7000.

Aus den zahlreichen Ergebnissen seien nur einzelne hervorgehoben: gezeigt wird durch Zerlegung langdauernder Stark- und Platzregen, daß sie nach ihrer Gesamtdichte von den Kanälen hätten abgeführt werden können, daß aber, wenn doch Überschwemmung eingetreten sei, die Dichte zeitweise (Teilregen) noch stärker gewesen sei, als die des „Berechnungsregens", nach dem die Kanalweite bemessen wurde. Der Oberflächengehalt hat auf die Häufigkeit bedeutenderer Regendichten einen größeren Einfluß als auf die Jahresmenge und die Zahl der Regentage überhaupt. Die Flächenausdehnung eines Sturzregens ist für eine bestimmte Regendauer umgekehrt proportional der Dichte und für eine bestimmte Dichte umgekehrt proportional der Regendauer. Zu diesem Abschnitt gehört eine höchst lehrreiche, lange Reihe schöner Karten. Niederschlagsgradient nennt Verf. den Regenhöhenunterschied auf 1 km Abstand. Die meisten Stark- und Platzregen fallen bei Gewittern. *C. Kaßner.*

Wolkenauflösung durch ein Flugzeug. Als Gegenstück zu der in den „Naturwissenschaften" geschilderten Hervorrufung einer Wolkenbildung durch ein Flugzeug[1]) sei darauf aufmerksam gemacht, daß unter gewissen Voraussetzungen das Flugzeug auch imstande ist, Wolken zur Auflösung zu bringen. Einen solchen Fall beschreibt Professor *A. Schmauß* (München) folgendermaßen: „Am Himmel waren in feiner Verteilung einige Nebelschleier in etwa 500 m relativer Höhe; sie machten den Eindruck des *Anfanges* einer Wolkenbildung. Die vertikale Mächtigkeit betrug nur wenige Meter. Zufällig durchschnitt ein Flieger einen dieser Wolkenschleier, der vom Flugzeug förmlich aufgefressen wurde. Es war ein fesselnder Anblick, wie das Flugzeug seinen Weg in die Wolke zeichnete. Als blaue Straße in dem weißen Schleier war die Spur noch nach 5 Minuten zu sehen, dann schloß sich langsam die Wunde wieder.

Zuerst dachte ich an einen von den heißen Gasen ausgehenden Temperatureffekt. Dagegen sprach aber die Seltenheit der Erscheinung und namentlich die Beobachtung, daß zur Rechten des Fliegers der Wolkenschleier verdickt, zur Linken verdünnt erschien. Die rechte Bordwand der blauen Gasse war wie durch Einlage einer weißen Schnur von der unscharfen und viel feineren linken Begrenzung deutlich unterschieden.

Es kann sich daher nur um einen dynamischen Vorgang handeln. Die Schraube des Flugzeuges wirft die Luft nach hinten; aber auch bei bester Konstruktion der Schraubenflächen bekommt sie neben der für die Fortbewegung benötigten Translation eine unerwünschte Rotation. Diese Rotation erfaßte die feine, offenbar gerade über die Kondensationsgrenze gelangte Wolke (in statu nascendi), brachte sie im absteigenden Teile zur Auflösung, im aufsteigenden zur Verdickung. So fraß sich das Flugzeug durch die Wolke hindurch"[1]). Es handelt sich hier also um einen ähnlichen Vorgang, wie ihn *Schmauß* auch gelegentlich beobachten konnte, wenn die Schallwellen eines Geschützabschusses an einer Wolkenfläche sichtbar wurden[2]). Die Annahme von *S. Finsterwalder*, daß es sich dabei offenbar um Wolkengebilde handelt, die gerade die Kondensationsgrenze überschritten haben, scheint also auch hier zuzutreffen.

Es ist daher zu empfehlen, derartigen Wolken eine besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden, weil ihre Formänderungen Schlüsse auf schnell ablaufende dynamische Vorgänge zulässen. *O. B.*

Die Zusammensetzung der Atmosphäre. Mit Hilfe eines neuen von ihm konstruierten Apparates zur Gasanalyse, der den Anteil der einzelnen Gase mit einer Genauigkeit von 0,001 % zu bestimmen gestattet, hat *A. Krogh* die Zusammensetzung der Atmosphäre untersucht[3]). Er kommt zu dem Resultat, daß der Anteil des Wasserstoffes nicht 0.003 beträgt, wie man gewöhnlich annimmt, sondern daß er sehr viel niedriger ist, sicher unter 0,0005 und wahrscheinlich sogar unter 0,0002. Die Hauptbestandteile betragen nach seinen übereinstimmenden Analysen in Volumprozenten 0,030 % Kohlensäure, 20.948 % Sauerstoff und 79,022 % Stickstoff. Er schlägt vor, luftleer gepumpte Glasgefäße von ¼ Liter Inhalt durch Pilotballons in große Höhen, bis in die Stratosphäre hinein, emporzusenden und mit Hilfe einer selbsttätigen Vorrichtung zum Öffnen und Schließen eines Verschlußhahnes Luftproben aus dieser Höhe zu entnehmen. Eine Bestimmung der Höhe selbst ist dann nicht erforderlich, da das reduzierte Volumen der Luftprobe die Höhe mit genügender Genauigkeit zu bestimmen gestattet. *O. B.*

[1]) Wolkenbildung durch ein Flugzeug. Von *L. Weickmann*. Die Naturwissenschaften, Berlin 1919, 7. Jahrg., Heft 34, S. 625. Mit Abbildung.

[1]) Meteorologische Zeitschrift, Braunschweig 1919. *36*, S. 13.

[2]) Sichtbare Schallwellen. Die Naturwissenschaften, Berlin 1919, 7. Jahrg., Heft 42, S. 779.

[3]) The composition of the atmosphere. An account of preliminary investigations and a programme by *August Krogh*. Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab. Mathematisk-fysiske Meddelelser, *I*, 12. Kobenhavn, 1919. 19 Seiten.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 19. (Seite 357—372) **7. Mai 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Max Fürbringer. Von *H. Braus, Heidelberg.* S. 357.

Der physikalisch-chemische Mechanismus der Muskelkontraktion. Von *E. Herzfeld und R. Klinger, Zürich.* (Mit 2 Abbildungen.) S. 359.

Zuschriften an die Herausgeber:

Die deutsche Zentralstelle für Erdbebenforschung. Von *Hecker, Jena.* S. 364.

Ein vergessenes Tauchboot. Von *Alfred Rühl, Berlin.* S. 364.

Die Beobachtung der Veränderungen des Grundwasserstandes. (Mit 6 Abbildungen.) S. 364.

Astronomische Mitteilungen:

Zur Bildung der Spiralnebel. Die Stellung der kugelförmigen Sternhaufen und der Spiralnebel zu unserem Sternsystem. Die Periode von δ Cephei. S. 367—369.

Berichte gelehrter Gesellschaften:

Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien (1919). S. 369.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

In diesen Tagen erscheint:

Äther und Relativitätstheorie

Rede, gehalten am 5. Mai 1920 an der Reichs-Universität zu Leiden

Von

Albert Einstein

Preis M. 2.40

und Sortimentszuschlag

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 18.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.80.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C. Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztewelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.
Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a. Rh.

Zoologische Station Büsum, Nordsee.

Laboratorien Arbeitsplätze
Ferienkurse Aquarium
Präparate Lehrmittel
Seetierversand (198)

Verlag der
„Schriften der Z. S. B. für Meereskunde".
Drucksachen auf Wunsch.

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope
Gg. Leisegang Berlin — *Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr. / Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche / Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)*

Freunde der Himmelskunde
ladet die „Vereinigung v. Freunden d. Astron. u. kosm. Physik" (Vors. Geh. R. Foerster, Bornim-Potsdam) zum Beitritt ein. Näheres und Probehefte der „Himmelswelt" durch (180)
Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin S. W. 68.

Hefte 3, 4 u. 5, Jahrgang 1920,
der „Naturwissenschaften" gesucht.
Angebote unter **Nw. 201** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (201)

Die Naturwissenschaften
Jahrgang 1915, 1916 und 1918
zu kaufen gesucht.
Gefl. Angebote an **H. F. Günther, Charlottenburg, Königin-Elisabeth-Str. 50.** (202)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Wer ist der wirklich Blinde?
Eine Frage im Interesse von
Wissenschaft und Technik
Offener Brief an die Herren A. Riedler und St. Löffler
von **L. Gümbel**
Mit einem Beitrag
Die unmittelbare Reibung fester Körper
Mit 20 Textfiguren
Preis M. 5.— und Sortimentszuschlag

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 7. Mai 1920. Heft 19.

Max Fürbringer.

Von H. Braus, Heidelberg.

Am 6. März d. J. starb in seinem fünfundsiebzigsten Lebensjahr *Max Fürbringer* in Heidelberg. Gewohnt, lange vor Tagesgrauen an der Arbeit zu sein, hatte er auch an diesem Tage das übliche Tageswerk früh begonnen. Eine anscheinend leichte Unpäßlichkeit führte schnell das Ende herbei, das infolge hohen Alters und langjähriger zehrender Krankheit seit langem befürchtet werden mußte, schließlich aber plötzlich und schmerzlos kam. So verließ dieser unermüdliche Forscher sein Zimmer, wie einer, der die Feder niederlegt, um sie nach kurzer Erholungspause wieder zu ergreifen. Seit dem Rücktritt vom Amte hatte er acht Jahre intensivsten Fleißes ganz seinen Forschungen zuwenden können. Auf seinem Schreibtisch liegt eine der Früchte dieser Jahre, ein dem Abschluß nahes Manuskript. Die Präparate, die er mit unveränderter Sicherheit der Hand herstellte, füllen seine Arbeitsräume. Seine Mikroskope, seine Bücher, das gesamte Arbeitszeug seines emsigen Schaffens steht da zum täglichen Gebrauch — aber auf immer verlassen.

So ist auch der älteste Schüler *Gegenbaurs* dahingegangen und bald auf *Georg Ruge* in Zürich gefolgt. In beiden haben wir die bedeutendsten und markantesten Jünger des großen Meisters der vergleichenden Richtung in der Anatomie verloren. *Georg Ruge* hat im Laufe der Jahre seine wissenschaftliche Lebensaufgabe immer mehr darin gesehen, die Anatomie des Menschen durch die Befunde an den ihm zunächst stehenden Organismen des Systems aufzuhellen, und war so, unterstützt durch seine Schüler, zum erfolgreichen Primatenforscher geworden. *Max Fürbringers* Arbeiten wendeten sich bis zuletzt dem gesamten Umkreis der Organismen zu. Es gibt keine Klasse der Wirbeltiere, in welcher er nicht gleich gut zu Hause war, deren Organisation er nicht mit gleicher Beherrschung des Stoffes für seine vergleichenden Studien benutzt hätte, um uns verstehen zu lehren, wie der Bau der Wirbeltiere im allgemeinen und der des Menschen im besonderen zustande gekommen ist. Diese Art von umfassender Tätigkeit lag tief in seinem Wesen begründet.

Im Jahre 1846 in Wittenberg als Sohn eines höheren Beamten geboren, der häufig durch Dienstversetzung seinen Wohnsitz wechselte, verlebte er den größten und entscheidendsten Teil seiner Jugend in Gera bei Verwandten. Er trat dort in engste Beziehung zu seinem verehrten Lehrer *Karl Theodor Liebe,* einem der ersten Vogelkenner und Erforscher des Vogellebens. *Liebe* hatte sein Haus mit Vögeln aller Art gefüllt, die er pflegte und aufzog. Der junge *Fürbringer* half und fand so den Weg zu seinem Lebensberuf. Vor allem war ihm ein unwiderstehlicher Hang zum Sammeln angeboren. Später brachte er in seinen freien Stunden und Ferien durch eigene Arbeit und durch Tausch ungewöhnlich große Sammlungen von Schmetterlingen, Hummeln, von Moosen, Farnen, aber auch von Münzen, Marken und dergl. zusammen. Er war ein ausgezeichneter Kenner von Pflanzen und Tieren aller Art. Die Einzelkenntnis, welche den Sammler so oft zum Versunkensein in Kleinstes und Kleinliches verführt, war bei ihm von jener Jugendzeit ab nur als Baustein gedacht. Er wußte, daß es galt, ein Gebäude damit zu errichten, in welchem die Bausteine vereinigt wurden zu einem gesetzmäßigen Ganzen. Als den Bauleiter hat er sich selbst *Carl Gegenbaur* gewählt, der als Anatom in Jena wirkte, zur Zeit als der junge Student sich dort in den Naturwissenschaften und in der Mathematik ausbildete. Er ging zur Medizin über und widmete fortab sein eigentliches Fachstudium ganz der vergleichenden Anatomie im Sinne seines Meisters, dem er mit rührender Verehrung und Liebe anhing. Er begleitete *Gegenbaur* als Prosektor im Jahre 1874 nach Heidelberg, folgte 1879 einem Ruf als Ordinarius der Anatomie an die Universität Amsterdam, wurde im Jahr 1888 Nachfolger *O. Hertwigs* in Jena und im Jahr 1901 Nachfolger *Gegenbaurs* in Heidelberg. An diesen Stätten seines Wirkens war er als Lehrer, als Kollege und Mensch hoch geschätzt und verehrt. Uneigennützig, von vollkommener Reinheit des innersten Wesens, treu und hilfreich in jeder Lebenslage haben ihn alle gefunden, welche ihn wirklich kannten. Galt es seinen Lehrer und Meister *Gegenbaur* vor ungerechten Angriffen zu schirmen, gegen die der verehrte Mann in langen Jahren schweren Siechtums hilflos war, so konnte der sonst so liebenswürdige und zurückgezogene Gelehrte scharf, ja, schroff werden.

Aus dem Glückwunschschreiben der preußischen Akademie der Wissenschaften zu seinem fünfzigjährigen Doktorjubiläum, das wir am 20. Dezember vorigen Jahres feierten und zu dem ihm seine Schüler eine Festschrift überreichen konnten (gedruckt in den Sitz.-Ber. der Heidelberger Akad. der Wiss. Stiftung Lanz), seien hier der Anfangs- und der Schlußsatz wiedergegeben: „Hervorgegangen aus der Schule Ihres unvergeßlichen Lehrers *Karl Gegenbaur,* haben Sie seine Methoden und Theorien der vergleichenden Anatomie

unter allen seinen Schülern am erfolgreichsten fortgebildet, so daß Sie nach dem Tode des Meisters als der erste Vertreter seiner Richtung dastehen. . . . So liegt denn beim Rückblick am Tage Ihres goldenen Doktorjubiläums eine an erfolgreicher Arbeit gesegnete Gelehrtenlaufbahn hinter Ihnen; auf dem, was Sie geschaffen, werden jüngere Generationen als auf einem fest gemauerten, tragfähigen Fundament weiterbauen."

Es sei hier auf den eigentlichen Kernpunkt des Schaffens *Fürbringers* eingegangen, auf welchen jene trefflichen Worte, an denen sich der Lebende noch freuen durfte, hinweisen. Die vergleichende Methode, welche *Johannes Müller* einmal „verstehende" Anatomie genannt hat, war von *Gegenbaur* in einer ganz bestimmten Weise gehandhabt worden, welche einen neuen geschichtlichen Abschnitt der morphologischen Wissenschaft begründete. Das Wesentliche der Methode wird gewöhnlich darin gesehen, daß die größere oder geringere Ähnlichkeit zweier Formen als Ausdruck einer näheren oder weiteren Blutsverwandtschaft aufgefaßt wird. Diese Meinung hängt bekanntlich aufs engste mit der durch *Darwin* neu belebten und durch ihn und *Häckel* zu allgemeiner Anerkennung gebrachten *Abstammungslehre* zusammen, welche so oft mit dem eigentlichen Darwinismus (Selektionslehre) verwechselt wird. Unbeschadet dieser historischen Bewertung der Erfahrungstatsachen war aber das Neue an *Gegenbaurs* Arbeiten die sich gleichsam nebenbei, allerdings als notwendiges Postulat seiner genealogischen Vorstellungen, einstellende Kontrolle der Vergleichung der Organismen auf Grund ihrer Stellung *im System*. Man kann ja alles „vergleichen". *Henle* hat sich z. B. einmal darüber lustig gemacht, daß es in anatomischen Vorlesungen üblich war, die Arteria carotis und Vena jugularis am Halse des Menschen mit einer doppelläufigen Vorderladepistole und den Nervus vagus daneben mit dem zugehörigen Ladestock zu vergleichen. Aber selbst ein *C. E. von Baer* stand nicht an, die Organe der Wirbeltiere teils auf Gliedertiere, teils auf Mollusken zurückzuführen, eine Art des Vergleichens, die rein idealistisch ihr Vergleichsobjekt an beliebiger Stelle sucht, ohne die Klüfte zu beachten, welche im System Gliedertiere, Mollusken und Wirbeltiere voneinander trennen. Der vergleichende Anatom von heute fragt in solchem Fall, ob eine Zeugung zwischen Gliedertier und Molluscum mit dem Resultat: Wirbeltier denkbar sei und lehnt eine solche Absurdität ab (*Spemann*, Kultur der Gegenwart, III, *4*, S. 67). Das Beispiel zeigt im extremen Fall, wie evident der Fortschritt war, die systematische Stellung der Organismen stets bei der Vergleichung im Auge zu haben. *Gegenbaur* hat durch seine Methode alte Probleme ganz neu angefaßt und gefördert, neue Postulate aufgestellt und die großen Linien für die vergleichende Forschung vorgezeichnet. *Fürbringers* Eigenart war darauf gestellt, gerade die Fundamentierung des Ganzen in der Systematik herauszugreifen und besonders auszubauen. Hier verdanken die jüngeren Generationen seinem Scharfsinn, rastlosem Fleiß und nie versagendem, stupenden Gedächtnis die Grundlagen für ihr eigenes Schaffen. Denn er erstrebte die *Vollständigkeit* in der Beschaffung des Materials für jede wissenschaftliche Frage, die er behandelte. Da nutzte er die eingeborene Fähigkeit des Sammlers. Ausgedehnte Beziehungen zu Sammlungsverwaltungen und Händlern setzten ihn — oft unter großen persönlichen Opfern — in den Besitz aller nur irgend bekannter und erreichbarer Objekte, die er selbst aufs sorgfältigste prüfte. Auch die Literatur wurde aufs eingehendste verwertet. So trat er mit einer ganz einzigartigen, von niemandem, auch von *Gegenbaur* nicht erreichten Kenntnis der Objekte an die Vergleichung heran. Die Lückenlosigkeit des Materials verbürgt aber wie bei Sammeln jeglicher historischer Dokumente die Zuverlässigkeit der Schlüsse. Es sind wahrhaft tragfähige, breite Fundamente, die er schuf, fern von allen luftigen Phantasiegebilden, wie es so manche „Stammbäume" waren, mit welchen leider so viele die vergleichende Methode diskreditieren.

Wie bei Fundamenten, die schlicht und verborgen in der Erde stecken, ist auch bei den Arbeiten *Fürbringers* jeder äußere Aufputz vermieden. Selbst die Titel sind schmucklos und lassen kaum den reichhaltigen Inhalt ahnen. Sein monumentalstes Werk über die „Morphologie und Systematik der Vögel" ist nur ein Glied von Untersuchungen über den Schultergürtel sämtlicher Wirbeltiere, die sich durch das ganze Leben hinziehen und von welchen leider der letzte Teil, der die Säuger behandeln sollte, nicht mehr erschienen ist. Das Objekt selbst ist gleichsam nur das Beispiel, an welchem gezeigt wird, wie die Methode anzuwenden ist. So findet man denn in eingestreuten Ausblicken und in Anhängen Anwendungen auf fast alle Teile der Biologie. In Jena pflegten wir jungen Dozenten, ob Anatomen, Physiologen oder Zoologen, zu sagen, wenn wir über ein Problem debattierten: wir wollen doch einmal in *Fürbringers* Vogelbuch nachsehen, da wird sich schon etwas finden. Und meistens war es so. Schon in dem frühen Werk über die Entwicklung der Niere ist zum erstenmal die Einheitlichkeit der Prozesse bei der Entstehung der verschiedenen Formen trefflich herausgearbeitet. Am reichsten und wohl besten ist der umfangreiche Beitrag für die Festschrift zu *Gegenbaurs* siebzigstem Geburtstag mit dem für den Nichtfachmann schwer ergründlichen Titel: „Die spinooccipitalen Nerven der Selachier und Holocephalen und ihre vergleichende Morphologie." Das Problem der Gehirn- und Rückenmarksnerven wird hier auf breitester Grundlage und an Hand zahlloser eigener Präparate geradezu klassisch behandelt. Man kann ohne Übertreibung sagen, daß seit *Cuvier* kein Morphologe eine solche Fülle sein eigen nannte.

Selbst die Resultate seiner Arbeiten sind nur

für den Fachmann zugänglich, dem weniger Orientierten oft fast gänzlich verborgen. Abhold jedem Lärm des Tages zog *Fürbringer* die Schlüsse nicht, welche hätten Aufsehen erregen können und welche er sehr wohl sah. So ist wenig bekannt, daß seine Nervenuntersuchungen die Grundlage bilden für die moderne *Segmentalanatomie,* die er für die Gliedmaßen der Nichtsäuger durchführte. Die enge Zugehörigkeit von Muskel und Nerv, auf welcher die Segmentalanatomie fußt, war nach *Gegenbaurs* Zeugnis die Entdeckung *Fürbringers.* Daß für die Säugetiere und den Menschen das gleiche gelte wie für niedere Wirbeltiere, war für ihn selbstverständlich. Er überließ ruhig anderen, diese dankbareren Aufgaben durchzuführen. Wie er denn überhaupt schwerflüssig war in der Herausgabe seiner Werke und in unerhörter Gründlichkeit nach Jahrzehnten neu zu prüfen liebte, was er früher gefunden hatte. Mittlerweile lag die Arbeit in seinem Pult. Wenn sie nur gut wurde. „Mach es wenigen recht, vielen gefallen ist schlimm" war sein Motto und ihm als Forscher und Schriftsteller auf den Leib geschrieben.

Die Liebe dieser Wenigen floß ihm in hohem Grade zu. Ihnen bleibt er das Vorbild, der stumme Berater in wissenschaftlichen Fragen. Zu dem engeren Kreise gesellen sich die vielen Schüler, Freunde und Bekannten, welche der allezeit freundliche Mann außer durch seine Wissenschaft durch seine schlagfertige Lebhaftigkeit, seinen schalkhaften Humor, seine nicht gewöhnlichen künstlerischen Talente und seine reichen Herzensgaben fesselte. So lebt er weiter in seinen Werken und in den Herzen derer, die ihn kannten.

Der physikalisch-chemische Mechanismus der Muskelkontraktion

Von E. Herzfeld und R. Klinger, Zürich.

In dem vor kurzem an dieser Stelle erschienenen Aufsatz „Der Mensch als Kraftmaschine" hat der Autor, Prof. *C. Oppenheimer,* fast ausschließlich die Frage des Energieumsatzes der Muskulatur behandelt. Der Chemismus, welcher der Kontraktion selbst zugrunde liegt, wurde nur kurz gestreift und hierbei einige ältere Theorien erwähnt. Es dürfte daher für den Leserkreis dieser Zeitschrift erwünscht sein, Näheres über den gegenwärtigen Stand dieser Frage zu erfahren. Die Fähigkeit zu einer in Bruchteilen einer Sekunde ablaufenden Verkürzung gewisser Zell- oder Körperteile interessiert ja nicht nur den Biologen wegen der Wichtigkeit, die sie für das ganze animalische Reich erlangt hat und die sich in der außerordentlichen Verbreitung und immer wieder neuen Art ihrer Verwendung äußert, sie stellt auch für den Biochemiker ein ungemein anziehendes Problem dar.

Das charakteristische Element, welches in jedem zu rascher Kontraktion befähigten Organ angetroffen wird, sind *doppelbrechende Fibrillen.* Diese sind entweder frei herausragende Fortsätze des Protoplasmas (Zilien, Geißelfäden usw.), oder sie sind in das Protoplasma der Zellen eingelagert. Letzteres gilt speziell für den quergestreiften Muskel, an dem auch wir hauptsächlich den Verkürzungsvorgang verfolgen wollen. Wir müssen uns daher zunächst mit jenen *anatomischen und physiologischen Tatsachen* vertraut machen, von denen jede Theorie der Muskelkontraktion auszugehen hat.

Die quer gestreiften Muskeln bestehen im wesentlichen aus den *Muskelfasern,* das sind sehr in die Länge gestreckte Zellkomplexe, welche meistens durch Bindegewebe zu größeren Bündeln vereinigt sind. Jede dieser Fasern reicht von einem Ansatzpunkt des Muskels bis zum andern (Knochen, Sehne oder ähnl.) und ist ihrerseits in ihrer ganzen Ausdehnung von noch viel feineren fädigen Gebilden, den *Muskelfibrillen,* durchzogen. Die in der Regel dicht aneinander gelagerten Fibrillen sind in eine protoplasmatische Grundmasse (*Sarkoplasma*) eingebettet, die ganze Faser ist nach außen von einer Membran (*Sarkolemm*) umgeben. Die Doppelbrechung und stärkere Lichtbrechung kommt im quer gestreiften Muskel nur gewissen Abschnitten der Fibrillen zu, die in regelmäßigen Abständen mit einfach brechenden Stücken abwechseln. Über das Verhältnis, in welchem einfach und doppelbrechende Abschnitte der Fibrillen in der lebendigen (d. h. nicht fixierten und noch kontraktionsfähigen) Faser stehen, gibt das nebenstehende Schema Auskunft. Dasselbe ist (unter Weglassung gewisser noch fraglicher Einzelheiten) nach den Angaben *Hürthles* angefertigt, welcher den Kontraktionsvorgang mit Hilfe photographischer Aufnahmen an frischen Hydrophylusmuskeln studiert hat. Die von diesem Autor hierbei festgestellten Veränderungen in den Längen- und Dickenmaßen der doppelbrechenden Fibrillenteile sind wohl die zuverlässigsten, welche wir gegenwärtig besitzen (auch hier dürfen wir von der wissenschaftlichen Kinematographie noch wertvolle Erweiterungen unsres Wissens erwarten) (Fig. 1).

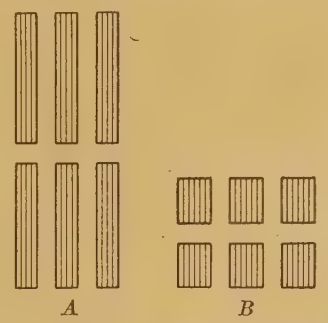


Fig. 1. Zur Verdeutlichung des Verhältnisses der einfach- (nicht schraffiert) und der doppelbrechenden (schraffiert) Abschnitte der Fibrillen in der lebenden Faser; nur die doppelbrechenden sind an der Kontraktion beteiligt, die Räume zwischen den Fibrillen und die Maße der einfach brechenden Teile bleiben nahezu unverändert.

Man erkennt, daß nur die in der Zeichnung dunkel gehaltenen, doppelbrechenden Anteile der Fibrillen an der Verkürzung beteiligt sind und daß sich dieselben hierbei auf fast ein Drittel ihrer Länge zusammenziehen, während sie gleichzeitig um die Hälfte dicker werden. Die Zwischenräume zwischen den Fibrillen und die Maße der einfach brechenden Anteile (die horizontalen Zwischenräume in der Zeichnung) bleiben dagegen durch die Kontraktion nahezu unverändert. Aber auch an den doppelbrechenden Teilen ändert sich bloß die Form, nicht aber, wie *Hürthle* nachgewiesen hat, das Volumen. Der Kontraktionsvorgang spielt sich somit im wesentlichen im Innern der anisotropen Abschnitte der Muskelfibrillen ab. Abgesehen von der eben beschriebenen Formveränderung ist die Tatsache wichtig, daß die (einachsig-positive) Doppelbrechung während der Kontraktion abnimmt (*Ebner, Rollet*). Der Nerv, welcher den für die Kontraktion erforderlichen „Reiz", d. i. elektrischen Strom dem Muskel zuführt, durchbohrt das Sarkolemm und bildet die sogen. motorische Endplatte, von welcher aus die Nervenfibrillen nur noch eine kurze Strecke im Muskel verfolgbar sind. Wahrscheinlich sind die Muskelfibrillen in direktem Kontakt mit den Nervenfasern; von manchen Autoren wurden sie geradezu als die Endausbreitung der Nerven bezeichnet (*Gerlach, Pflüger*).

Aus der *Chemie des Muskels* ist folgendes für uns von Bedeutung: Die Hauptmasse der Fasern (Trockensubstanz) besteht aus *Eiweiß*, welches die Fibrillen und das Sarkoplasma zusammensetzt. Im frischen Muskel enthält es wie in andern Zellen ca. 70% Wasser mehr oder weniger fest gebunden. Das kolloid verteilte oder zu größeren Verbänden vereinigte Eiweiß kann hier ebensowenig wie sonst der Träger der eigentlichen „Lebensvorgänge" sein, weil das Eiweiß an sich ein hoch zusammengesetzter Körper ist, der zu Wasser fast keine Beziehungen besitzt[1]). Für alle chemischen und physikalischen Vorgänge sind vielmehr auch hier die auf den Oberflächen der Eiweißteilchen befindlichen höhern und tiefern *Eiweißabbauprodukte* verantwortlich zu machen, und wir müssen von vornherein erwarten, daß an ihnen jene Umsetzungen stattfinden, welche die Kontraktion bewirken. Neben dem Eiweiß interessieren im Muskel noch die *Kohlehydrate* als die Energie liefernden Stoffe, ferner die *Lipoide*, weil sie auch hier sehr wahrscheinlich als die Träger des „aktiven" Sauerstoffes eine Rolle spielen und daher die für die Funktion des Muskels so wichtigen Oxydationen vermitteln. Schließlich seien noch die *Salze* erwähnt, spez. der Gehalt an Alkali-Bicarbonat und -Phosphat. Alle diese Stoffe finden sich wohl in die Fibrillen (zwischen die sie aufbauenden Eiweißpartikelchen) eingelagert, die Salze vermutlich zum Teil direkt an die Eiweißabbauprodukte gebunden (als *„Salzverbindungen"* der Aminosäuren), so daß sie für den so schnell verlaufenden Kontraktionsvorgang jederzeit schon an Ort und Stelle sind. Über die Kohlehydrate müssen noch einige Worte hinzugefügt werden. Die eingehenden Untersuchungen *Emdens* und seiner Mitarbeiter haben gezeigt, daß weder das im Sarkoplasma in größerer Menge vorkommende *Glykogen* noch der daraus hervorgehende Traubenzucker als solche verbrannt werden, sondern daß der letztere erst über eine Vorstufe (den ursprünglich Lactacidogen genannten Körper) in Milchsäure übergeht. Die chemische Natur dieses Stoffes konnte in späteren Untersuchungen dahin aufgeklärt werden, daß eine Verbindung des Zuckers mit Phosphorsäure (Hexose-Diphosphorsäure) vorliegt.

Treten wir nun näher an unser eigentliches Thema, die physik.-chemische Erklärung des Kontraktionsvorganges heran, so werden wir uns auch hier zunächst nach experimentellen Grundlagen umsehen. Solche liefern uns Kontraktionsvorgänge an Stoffen, die ähnlich wie der Muskel gebaut, aber wesentlich einfacher zusammengesetzt sind.

Am besten gehen wir hier von Gelatine oder Bindegewebe aus. Wenn man ein Blatt der käuflichen Gelatine durch Legen in Wasser mäßig quellen läßt, so kann es durch Zug leicht in die Länge gezogen werden und kehrt nach Aufhören des Zuges wieder *„elastisch"* in seine frühere Form zurück. Wie sind dieser und ähnliche elastische Zustände chemisch zu erklären?

Wir müssen, um diese Frage zu beantworten, zunächst kurz auf die Bedeutung der sog. *Nebenaffinitäten* eingehen, die hierbei eine Rolle spielen. Wir verstehen darunter jene Kraftlinien, welche durch die Vereinigung der Atome zum Molekül noch nicht abgesättigt wurden. (Alle chemischen Affinitäten beruhen auf Kraftfeldern, die Verbindungen der Atome darauf, daß sich ein Atom in das Kraftfeld eines andern mit seinem Felde einlagert.) Auf das Vorkommen von Nebenaffinitäten gehen unter andern die als Kohäsion, Viskosität, Kapillaraktivität bekannten Eigenschaften der Flüssigkeiten, ferner ihr Lösungs- und Adsorptionsvermögen für andere Stoffe zurück. Starke Nebenaffinitäten sind in den organischen Verbindungen namentlich gewissen Atomen eigen, so den O-Atomen (der OH- oder COOH-Gruppen usw.), den N-Atomen oder NH_2- und ähnlicher Gruppen, während die C- und H-Atome der organischen Verbindungen arm daran sind. Je reicher die Moleküle einer Flüssigkeit an solchen mit vielen Nebenaffinitäten begabten Atomen sind, desto größer wird die gegenseitige Anziehung derselben sein.

Die gequollene Gelatine stellt eine halbflüssige, weiche Masse dar, bestehend aus Polypeptiden (Albumosen), die sich beim Erstarren der Gelatine zu kleinen rundlichen Partikelchen aneinandergelagert haben und viel Wasser durch Nebenaffinitäten an ihren Oberflächen festhalten können. Gerade dieser halbfeste Zustand, welcher

[1]) S. unsere eiweiß-chem. Studien in Biochem. Z., Bd. *83, 88, 93, 96, 99, 102.*

zwischen den festen und eigentlich flüssigen Körpern die Mitte hält, ist für diese und viele andere elastische Stoffe wesentlich und muß auch als die Konsistenz der Muskelfibrillen angenommen werden. Wenn wir nun die Gelatine ausziehen, so entfernen wir jedes Teilchen von dem durch Nebenaffinitäten angezogenen Nachbarteilchen, müssen daher eine gewisse Kraft aufwenden. Wichtig ist, daß die Teilchen hierbei nicht ganz aus den gegenseitigen Kraftfeldern heraustreten, wie dies bei einer Krafteinwirkung auf eine wirkliche Flüssigkeit der Fall wäre. Vielmehr verschieben sich alle Teilchen, da der feste Zusammenhang bewahrt bleibt, bloß innerhalb ihrer Kraftfelder in der Zugrichtung (bei wirklich festen Körpern wäre andererseits auch diese mäßige Verschiebung nicht möglich). Lassen wir mit dem Zuge nach, so strebt jedes Molekül wieder in die ursprüngliche Lage zurück, da sich alle Kraftfelder wieder möglichst zu nähern trachten (ähnlich wie ein Magnet in einem elektrischen Felde, sobald wir ihn aus seiner Gleichgewichtslage herausdrehen, wieder in dieselbe zurückkehrt).

Mit dieser Vorstellung ist *eine rein chemische Erklärung dieser Art von Elastizität* gegeben und bereits das Wichtigste für das Verständnis der Muskelkontraktion gewonnen. Die gezogene Gelatine besteht somit aus Partikelchen, welche alle in die Länge gezogen sind (ist daher doppelbrechend), nach Aufhören des Zuges kehren dieselben wieder in die Kugelgestalt zurück, und zwar auf *Grund der zwischen ihnen bestehenden Nebenaffinitäten*, welche durch die vorherige Verschiebung nicht mehr vollkommen abgesättigt waren.

Bei diesem Versuch mit Gelatine ist die Kraft, welche zum Ausziehen erforderlich ist, ebenso groß wie diejenige, welche die Gelatine hinterher (bei der Rückkehr in die Ruhelage) entfaltet. Das rührt daher, daß die chemischen Affinitäten, welche zwischen den Teilchen bestehen, zur Zeit des Ausziehens ebenso groß sind wie zur Zeit der Kontraktion. Stellen wir uns aber eine Gelatine vor, bei welcher wir die chemische Anziehung der Moleküle vorübergehend aufheben, später durch irgend einen Eingriff wieder hervorbringen könnten, so wäre es möglich, diese Gelatine während der ersten Periode fast ohne Kraftaufwand auszuziehen, worauf sie sich in der zweiten Periode nicht minder kräftig zusammenziehen würde, als in dem zuerst erwähnten Versuch. Die Kraftleistung ginge jetzt eben auf Kosten der chemischen Reaktion vor sich, durch welche die Nebenaffinitäten vorübergehend aufgehoben resp. wieder hergestellt werden.

Diese Verhältnisse sind nun im Muskel verwirklicht. Gehen wir zunächst von einem *bereits verkürzten* Muskel aus, so treffen wir in den kontraktilen Anteilen der Fibrillen Eiweißpartikelchen mit ihren oberflächlichen Abbauprodukten an, welche untereinander durch sehr beträchtliche Nebenaffinitäten festgehalten sind. Dies zeigt sich u. a. darin, daß wir große Kraft aufwenden müssen, um diesen Muskel, während er noch weiter durch einen geeigneten Reiz kontrahiert bleibt, ausdehnen zu wollen. Erreichen wir dies gleichwohl, z. B. durch die übermäßige Belastung eines der bekannten Froschmuskelpräparate, so werden die Eiweißteilchen der Fibrillen in bezug aufeinander verschoben. Auch hier bleiben sie aber, da wir keine Flüssigkeiten, sondern einen halb festen Körper vor uns haben, alle in einer gewissen Nähe, sie verlieren nicht den Kontakt miteinander, treten nicht aus ihren zugehörigen Kraftfeldern heraus; die Dehnung hat aber auch hier zur Folge, daß die Atome in ihren Kraftfeldern nicht mehr wie früher im Gleichgewicht, sondern verschoben sind (ähnlich wie der oben erwähnte Magnet). Sie streben daher in die ursprüngliche Lage zurück: sobald wir das Gewicht wegnehmen, schnellt der Muskel wieder zusammen.

Ganz anders muß es dagegen sein, wenn wir durch einen Mechanismus, auf den wir sogleich zu sprechen kommen, die Nebenaffinitäten, welche zwischen den Molekülen bestehen, zeitweilig stark herabsetzen. Es ist klar, daß wir dann dieselben Eiweißteilchen mit weit geringerem Kraftaufwande ebenso weit werden voneinander entfernen können, wie vorher. Treten dann plötzlich die Kraftfelder (chemischen Anziehungen) wieder auf, so werden sich die Teilchen mit einer der Stärke dieser Felder entsprechenden Kraft wieder zu nähern suchen.

Wie kann im Fibrilleneiweiß eine derartige, vorübergehende Änderung der von Teilchen zu Teilchen wirkenden Nebenaffinitäten eintreten? Auch hier bietet uns die Gelatine Beispiele für ähnliche chemische Vorgänge. Versetzen wir eine abgekühlte, aber noch nicht erstarrte Gelatinelösung mit Sublimat, so fallen die Polypeptide als $HgCl_2$-Salzverbindungen unlöslich aus. Eine solche Gelatine ist nicht mehr imstande zu erstarren; denn der Gelzustand beruht auf der oberflächlichen Bindung von Wasser, und gerade diese Fähigkeit wurde der Gelatine durch die Verbindung mit dem Metallsalz genommen. Verschieben wir jetzt die einzelnen Teilchen, so sind sie ohne Beziehung zueinander. Es ist also nicht gleichgültig, ob die Nebenaffinitäten durch einen Stoff abgesättigt werden, der nach seiner Bindung keine Nebenaffinitäten mehr frei hat (so daß der ganze Komplex jetzt auch wasserunlöslich ist) oder ob der locker gebundene Stoff noch seinerseits Affinitäten frei hat, mit welchen er auf seine Umgebung wirkt. Dieses ist z. B. bei Verbindung der Gelatine mit Wasser der Fall, ebenso bei Alkalien, Säuren usw.

Im *erschlafften* Muskel weisen die Fibrilleneiweißteilchen an sich nur wenig Beziehungen zum Wasser auf, es handelt sich ja um „Gerüsteiweiß", d. h. ausgefallenes, nicht um kolloid verteiltes Eiweiß, dessen Nebenaffinitäten nicht stark genug sind, um Wasser an sich zu binden. Die Anziehung zwischen den einzelnen Partikel-

chen ist daher eine sehr geringe. Auch hier müssen wir erst einen Stoff heranbringen, welcher sich einerseits infolge ausgesprochener, chemischer Affinitäten[1]) an die Aminosäuren der Eiweißoberflächen bindet, und dessen Nebenaffinitäten hierbei nicht vollständig aufgehoben werden, so daß sie auf ihre Umgebung noch kräftig zu wirken vermögen. Als solcher funktioniert bei der physiologischen Kontraktion des Muskels die *Milchsäure*, welche durch den Erregungsvorgang entsteht und, indem sie sich an das Eiweiß bindet, diesem plötzlich intensive Nebenaffinitäten mitteilt.

Wieso sind die Kraftfelder gerade in der Weise angeordnet, daß sie zu der eingangs näher beschriebenen Formveränderung der Fibrillen führen, und daß nicht nur eine allseitig gleichmäßige Annäherung erfolgt? Dies ist darin begründet, daß jeder Kontraktion eine Dehnung der Fibrillen vorherging. Dadurch wurden die Teilchen aus dem angenäherten Zustande in eine bestimmte Anordnung gebracht, so daß die Stellen ihrer (latent gewordenen) Nebenaffinitäten so verteilt sind, daß

A *B*

Fig. 2. Zur chemischen Deutung der Muskelelastizität. Die Kreise und Ovale bedeuten die Eiweißteilchen, die Marken die Orte, an denen sich Milchsäure bilden und dadurch Kraftfelder erzeugen kann. *A* entspricht dem gedehnten, *B* dem kontrahierten Zustand.

sie zur *Verkürzung* des Muskels führen müssen, sobald die Nebenaffinitäten wieder auftreten. Aus demselben Grunde können nur gezogene (und daher doppelbrechende) Eiweißkonglomerate sich kontrahieren, nicht aber beliebige andere, z. B. das Protoplasma anderer Zellen.

Im nebenstehenden Schema ist das eben Gesagte in der Weise veranschaulicht, daß die Eiweißteilchen als kreisrunde resp. ovale Scheibchen dargestellt sind, an welchen die schwarzen Punkte die Stellen angeben, an welchen sich Milchsäure binden und dadurch Kraftfelder an den Eiweißteilchen hervorrufen kann. (Also entsprechend den NH_2-Gruppen freier Aminosäuren.) (*A* entspricht wieder dem gedehnten, *B* dem kontrahierten Zustand.)

Solange die Milchsäure an den Eiweißteilchen gebunden ist, werden dieselben untereinander durch diese Nebenaffinitäten festgehalten und können daher nur durch starke Kräfte auseinandergezogen werden. Soll sich der Muskel ohne Mühe wieder in die Länge ziehen lassen, d. h. soll er „erschlaffen" können, so ist notwendig, daß die Milchsäure verschwinde. Dies geschieht normalerweise durch deren sofort einsetzende Verbrennung; der physiologischerweise (im durchbluteten Muskel reichlich anwesende Sauerstoff[1]) oxydiert sie zu H_2CO_3, welche so gut wie keine Affinitäten mehr zum Fibrilleneiweiß besitzt. Die Eiweißteilchen verlieren daher mit dem Moment, in welchem die Milchsäure oxydiert ist, wieder ihre aktiven Beziehungen zueinander und können daher jetzt ohne Mühe auseinandergezogen werden. (Nur die innere Reibung der Teilchen verlangt natürlich einen gewissen Kraftaufwand, was gewöhnlich von der Last [Körpergewicht usw.] oder von den Antagonisten der betreffenden Muskelgruppe besorgt wird.)

Es ist verständlich, daß auch andere, *analog gebaute* Gewebe in der gleichen Weise sich verkürzen müssen wie der Muskel, sobald wir die Wasserbindung ihrer Teilchen erhöhen und dadurch Nebenaffinitäten zwischen denselben herstellen. Dies gilt von allem *Bindegewebe*, welches bekanntlich ebenfalls doppelbrechend ist und damit verrät, daß seine Teilchen nach ihrer Synthese einem Zug ausgesetzt wurden. Wird Bindegewebe in benetztem, d. h. leicht gequollenem Zustand in heißes Wasser gebracht oder in Milchsäure, so zieht es sich ganz ähnlich wie ein Muskel mit großer Kraft zusammen. Im Gegensatz zum Muskel ist eine solche Verkürzung nur teilweise reversibel, weil die Eingriffe, welche hier zur Kontraktion führen, in ihren Folgen (Wasserbindung der Fibrillen) meist nicht mehr vollständig rückgängig gemacht werden können.

Auch viele andere Kontraktionsvorgänge erklären sich durch denselben Mechanismus: So die schlagende Bewegung der Wimpern an Flimmerepithelien, der Geißeln an Bakterien usw. Wir müssen annehmen, daß die Eiweißfäden, aus denen sie bestehen, mindestens zwei Schichten aufweisen, deren Teilchen jeweils abwechselnd eine erhöhte Wasserbindung erlangen. Indem die eine Seite sich kontrahiert, führt sie die (mühelose) Streckung der andern herbei und befähigt diese dadurch, nunmehr ihrerseits eine Kontraktion auszuführen, sobald sie (vermutlich durch elektrolytische Vorgänge) Nebenaffinitäten erlangt. So wird das ununterbrochene Spiel dieser Organe und die Schnelligkeit der Bewegung leicht verständlich.

Kurz zusammengefaßt stellt sich die Kontraktion eines quer gestreiften Muskels folgendermaßen dar: Der durch den Nerv in die Fibrillen geleitete Strom ruft eine Spaltung der daselbst vorhandenen hexosephosphorsauren Salze hervor. Hierbei entsteht neben phosphorsauren Salzen

[1]) Auch die Absättigung der Nebenaffinitäten (auch „Lösungs"affinitäten genannt) erfolgt wie diejenige anderer chemischer Affinitäten unter Bevorzugung gewisser Atome, was vermutlich in der Beschaffenheit oder Stärke der reagierenden Kraftfelder begründet ist.

[1]) Der Sauerstoff ist im Gewebe an gewisse Oberflächen (wahrscheinlich der Lipoide) adsorbiert und dadurch „aktiviert", d. h. in seinem Molekülzusammenhang gelockert, wodurch er zu Oxydationen besonders befähigt wird (*Herzfeld* und *Klinger*, Bioch. Z. 93).

freie[1]) Milchsäure, die sich an die NH_2-Gruppen der an den Oberflächen der Eiweißpartikelchen vorhandenen freien Aminosäuren bindet. Diese erlangen dadurch plötzlich stärkere Nebenaffinitäten, welche nunmehr in Aktion treten und die Masse in jene Form zurückziehen, in welcher sie vor ihrer Dehnung war. Die Milchsäure wird, kaum entstanden, durch den vorhandenen aktiven Sauerstoff wieder verbrannt; der Muskel wird daher momentan wieder schlaff, was biologisch von großer Wichtigkeit ist. Soll er, was für andere Bewegungsformen nicht minder wertvoll ist, längere Zeit verkürzt bleiben, so muß er dauernd innerviert (mit Strom versorgt) werden. Nach einiger Zeit ermüdet er, weil die Hexose-Phosphorsäure-Vorräte sich erschöpfen und andere chemische Veränderungen (unvollständige Verbrennung der Milchsäure usw.) eintreten. Ist die Sauerstoffversorgung eine unzureichende, so bleibt umgekehrt die Kontraktion längere Zeit bestehen, z. B. in der Totenstarre; hier entsteht die Milchsäure nicht durch Nervenstrom, sondern durch autolytischen Zerfall der Hexosephosphorsäure und häuft sich bloß deshalb in größerer Menge an, weil ihre Verbrennung infolge der mangelnden Zirkulation unvollständig wird. Sorgen wir durch genügende Sauerstoffzufuhr (Einbringen in eine Sauerstoffatmosphäre) dafür, daß im Muskel für Oxydationen bessere Bedingungen bestehen, so bleibt die Totenstarre aus (*Winterstein*).

Die Milchsäure kann auch auf andere Weise, z. B. durch Neutralisation oder andersartige Zerstörung ausgeschaltet werden (unter anaeroben Bedingungen stattfindende Kontraktionen wie Bewegung von Darmparasiten, anaeroben Bakterien). Die erhöhte Wasserbindung der Fibrillen und damit das Auftreten von Nebenaffinitäten, die zu einer Verkürzung führen, kann im Muskel, ähnlich wie im Bindegewebe, noch durch eine Reihe anderer, künstlicher Eingriffe ausgelöst werden. So durch bloße Erwärmung auf ca. 50° (Wärmestarre), durch Einbringen des Muskels in verschiedene Säuren, Alkalien, in manche Salze, resp. durch Injektion derselben in die Muskelblutgefäße.

Der Raum verbietet uns, auf weitere Einzelheiten aus dem so umfangreichen Gebiete der Muskelphysiologie einzugehen und dieselben vom Standpunkt der entwickelten Theorie aus zu betrachten. Es seien nur noch einige Worte zur *Energetik* des Muskels hinzugefügt. Es ist klar, daß die auftretende Milchsäure die eigentliche Quelle der Muskelkraft ist. Da sie aber nur eine einmalige Kontraktion auslöst, so wäre damit auch nur eine einmalige Arbeitsleistung ermöglicht. Soll der Muskel ohne Kraftaufwand erschlaffen und hierauf von neuem arbeiten können, so muß die Milchsäure inzwischen, wie oben ausgeführt wurde, verbrannt werden. Diese zweite Phase der Kontraktion ist nicht minder wichtig als die erste, da sie diese erst möglich macht. Sie findet auf Grund der chemischen Affinitäten statt, welche zwischen aktiviertem Sauerstoff und Milchsäure bestehen; dieser Prozeß ist somit die zweite und quantitativ überwiegende Energiequelle des Muskels. So beantwortet sich das Rätsel, wieso der Muskel auf Grund von Oxydationsvorgängen arbeitet, ohne daß er die hierbei entstehende Wärme direkt verwenden kann. Denn daß letzteres nicht der Fall ist, geht ja aus dem in der erwähnten Mitteilung *Oppenheimers* angeführten Untersuchungen hervor (Auftreten der Wärme während der Erschlaffungs-, nicht in der Kontraktionsphase usw.).

Sind diese Voraussetzungen richtig, so muß erwartet werden, daß die Verbrennung der Milchsäure im Muskel nicht mehr ebensoviel Energie in Form von Wärme liefern kann, als wenn dieselbe Menge Milchsäure in freiem Zustande verbrennen würde, weil sie eben adsorbiert ist und erst aus dieser Adsorptionsbindung vom Sauerstoff losgerissen werden muß. Auch diese Forderung der Theorie steht mit den Tatsachen gut in Einklang. Denn die Untersuchungen von *Meyerhof* haben gezeigt, daß die Milchsäure in der Erholungsperiode restlos verbrennt, während aus den Arbeiten von *Parnas* hervorgeht, daß die hierbei gebildete Wärme nur wenig mehr als die Hälfte derjenigen ist, die sich als normale Oxydationswärme einer gleichen Milchsäuremenge ergeben würde. Wenn somit der Muskel mit einem Wirkungsgrad von ca. ⅓ arbeitet und andererseits die auftretende Wärme nicht ganz ½ der zu erwartenden beträgt, so ist hiermit die Energiebilanz dieses Vorganges mit einer für eine physiologische Maschine genügenden Genauigkeit erklärt. Beide Befunde stehen in unmittelbarer Beziehung zueinander und bedingen sich gegenseitig. Der *ganze Vorgang der Kontraktion beruht auf der Absättigung chemischer Affinitäten* (Hexose-Phosphorsäure — Sauerstoff), *welche durch den Nervenstrom ausgelöst wird und in zwei Phasen verläuft:* die *Adsorption der Milchsäure an das Fibrilleneiweiß = Kontraktion, die Verbrennung der adsorbierten Milchsäure = Rückkehr in den erschlafften Zustand.*

Literatur.

Eine vorzügliche Übersicht über die früheren Theorien hat *O. Fürth* vor kurzem in den „*Ergebnissen der Physiologie*“ (*XVII*) gebracht (daselbst auch eine umfangreiche Literaturzusammenstellung). *Fürth* selbst kam unabhängig von uns zu einer Neuformulierung der Quellungstheorie, die sich vielfach mit den hier entwickelten Vorstellungen berührt. An das eigentliche Problem ist dieser Forscher allerdings nicht herangetreten, nämlich an die Beantwortung der Frage, *wie* die Annahme einer Quellung mit einer Zusammenziehung (im Gegensatz zur sonst zu beobachtenden Volumenzunahme) vereinbar und namentlich, *wie sie chemisch erklärbar sei.* — Wir verweisen noch auf unsere bei *Fürth* noch nicht angeführte Arbeit in der Biochem. Zeitschr. Bd. *94.* Daselbst haben wir zwar die im vorhergehenden entwickelten Vorstellungen bereits in den Hauptzügen aufgestellt, die physikalisch-chemische Erklärung des eigentlichen Kontraktionsvorganges war aber in der dort gegebenen Form noch nicht befriedigend, so daß die jetzige Fassung eine entschiedene Verbesserung bedeuten dürfte.

[1]) Die Säure muß frei sein, da milchsaure Salze keine ausgesprochene Affinität zum Eiweiß haben.

Zuschriften an die Herausgeber.

Die deutsche Zentralstelle für Erdbebenforschung,

die sich früher in Straßburg i. Els. befand, hat seit Mai vorigen Jahres ihren Sitz nach *Jena* (Sternwarte) verlegt. Wie bisher, so hofft sie auch jetzt wieder auf rege Unterstützung von seiten weitester Bevölkerungskreise durch Sammeln und Zusendung von Erdbebennachrichten. Erwünscht ist zunächst die Beobachtung jedes Erdbebens, auch der schwächsten Erschütterung, nach Ort, Zeit und sämtlichen irgendwie wahrnehmbaren Wirkungen. Auch diesbezügliche Ausschnitte aus den Lokalblättern sind von Wert. Da ferner die Chronik aller in Deutschland aufgetretenen Erdbeben für die Zeit bis einschließlich des verflossenen Jahrhunderts noch manche Lücken aufweist, so wendet sich die Zentralstelle an alle diejenigen, die Gelegenheit haben, alte Chroniken, Kirchenbücher, Zeitschriften und sonstige Werke einzusehen, mit der Bitte, etwa aufgefundene Notizen über stattgehabte Erdbeben abschriftlich mit Quellenangabe hierher mitzuteilen. Durch diese meist kleine Mühe können noch manche verborgene Tatsachen ans Tageslicht gebracht werden, da erfahrungsgemäß gerade Ortschroniken und Kirchenbücher in dieser Hinsicht wichtige, aber nur wenigen zugängliche Fundgruben bilden. Für jede, auch die bescheidenste Mitteilung darf der Einsender auf den Dank der Zentralstelle rechnen. Wenn sie auf den ersten Blick auch noch so unbedeutend erscheinen mag, so kann sie doch das wichtige fehlende Glied einer Kette sein. Unter Umständen ist es schon von Bedeutung zu erfahren, daß in diesem oder jenem Ort überhaupt schon einmal ein Erdbeben verspürt worden ist. Ganz besonders wertvoll sind Erdbebennachrichten aus Nord-, Mittel-, Ost- und Südostdeutschland, weil diese Gegenden nur recht selten von Erderschütterungen betroffen zu werden pflegen und deshalb, zum Teil mit Unrecht, als erdbebenlos angesehen werden.

Jena, April 1920. *Hecker.*

Ein vergessenes Tauchboot.

In dem Werke eines Spaniers, *Garrido*, das von *Arnold Ruge* seiner liberalen Tendenzen wegen einer Übersetzung ins Deutsche gewürdigt und der preußischen Fortschrittspartei gewidmet wurde (Das heutige Spanien, Leipzig 1863), finden sich im Anhange Angaben über ein von einem Spanier konstruiertes Tauchboot, von dem man außerhalb Spaniens keine Notiz genommen zu haben scheint. Die Mitteilungen stammen größtenteils von dem Erfinder, *Narciso Monturiol*, selbst. Seit 1854 war dieser mit dem Bau beschäftigt und im Jahre 1859 wurde der erste „Ichthyneos", wie das Boot genannt wurde, in Barcelona vom Stapel gelassen. Mit fünf Gefährten bestieg *Monturiol* das Schiff, ging bis zu einer Tiefe von 20 m hinab und fuhr drei Stunden lang in allen Richtungen unter Wasser hin und her. Die Versuche wurden dann wiederholt; *Garrido* war Zeuge der 34. Fahrt und 1860, bei der 56. Fahrt, war auch der spanische Hof zugegen. Im Hafen von Alicante gelang es sogar, trotz ungünstigen Wetters an einer vorher bestimmten Stelle wieder aufzutauchen, und während es vorher *Monturiol* unmöglich gewesen war, irgendwelche Mittel zum Ausbau seiner Erfindung zu erhalten, wurde ihm daraufhin ein Staatsarsenal zur Verfügung gestellt. Die Bedingungen, unter denen er es erhielt, erschienen ihm jedoch so wenig ehrenvoll, daß er auf dieses Angebot verzichtete und sich mit einer Nationalsubscription an das Publikum wandte. Über die Konstruktion des Ichthyneos sind die Angaben leider recht spärlich. „Der Ichthyneos gleicht in vielen Stücken einem Fische. Er hat künstlich alle Organe angebracht, die dem Fisch sein Leben erhalten. Außerdem hat er noch sein Licht zum Erleuchten des Raumes, den er durchfährt, und den Verstand des Menschen zum Handeln." Das Fischboot besaß die Form eines Ellipsoids mit verlängerter Ausschweifung; die größte innere Achse war 14 m, die kleinste 2 m lang, der Raumgehalt betrug 30 cbm. Es war mit einem doppelten Boden versehen und in diesem waren Blasen angebracht, die je 5 cbm Luft einschlossen. Waren sie mit Luft gefüllt, so schwamm das Schiff oben, waren sie voll Wasser, so sank es in die Tiefe. Im oberen Teile befand sich zwischen den beiden Schiffswänden eine Fischblase und mit ihrer Hilfe konnte je nach Belieben in jene Blasen Wasser oder Luft hineingelassen werden. Fünf Öffnungen waren an dem Schiffskasten vorhanden, vier an der Seite, eine oben, in die große Kristalle hineingesetzt waren, so daß man nach allen Seiten hinausblicken konnte. Dies wenige ist alles, was über die Einrichtung und Bauart mitgeteilt wird; wie sich das Boot unter Wasser bewegte, ist überhaupt nicht zu erkennen. Auch über sein weiteres Schicksal hat sich nichts ermitteln lassen.

Berlin, den 25. März 1920.

Prof. Dr. *Alfred Rühl.*

Die Beobachtung der Veränderungen des Grundwasserstandes.

Von großer Bedeutung für das Gedeihen der Kulturgewächse und somit für die Volkswirtschaft ist die Lage des Grundwasserspiegels unter der Geländeoberfläche. Sie ist im Laufe längerer oder kürzerer Zeiträume erheblichen Veränderungen unterworfen, die großen Schaden anrichten oder auch Nutzen stiften können. Wie verhält es sich mit den Grundwasserstandsschwankungen, welche Schwankungen können von Natur vorkommen, und wie wirken die verschiedenartigen künstlichen Eingriffe ein?

Zur Beantwortung dieser Fragen müssen wir nicht nur die Grundwasserstandsschwankungen selbst beobachten, sondern auch ihre Ursachen ermitteln. Um uns darüber klar zu werden, müssen wir wissen, in welcher Form das Wasser im Boden vorhanden ist. Wir müssen hier unterscheiden zwischen Bodenfeuchtigkeit, Sickerwasser und Grundwasser. Unter *Bodenfeuchtigkeit* verstehen wir solches Wasser, welches der Boden durch die kapillare Anziehungskraft festhält, so daß es nicht der Schwerkraft folgt. Ist ein Boden mit solcher Bodenfeuchtigkeit bis zur sogenannten „absoluten Wasserkapazität" gesättigt, so enthält er teils Luft, teils Wasser. Dringt nun noch mehr Wasser in den Boden ein, so folgt es der Schwerkraft und sickert nach unten. Dieses in der Richtung nach unten unterwegs befindliche Wasser bezeichnen wir als *Sickerwasser*. Wenn nun dies Sickerwasser auf seinem Wege nach unten durch eine weniger durchlässige Schicht oder eine bereits ganz mit Wasser erfüllte Schicht aufgehalten wird, so wird es die Luft aus dem Boden so gut wie völlig verdrängen und alle die feinen Hohlräume des Bodens erfüllen. Wir bezeichnen es nun als *Grundwasser*. (Es gibt noch einige etwas abweichende Definitionen des Begriffs Grundwasser, die wir aber nicht für zweck-

mäßig halten. Es würde zu weit führen, hier darauf einzugehen.)

Das Wasser, das in den Boden eindringt, rührt in unserem Klima ganz überwiegend von den Niederschlägen her, von denen nur ein Teil oberirdisch abfließt. Ein anderer Teil der Niederschläge verdunstet entweder sogleich oder erst, nachdem er schon in den Boden eingedrungen war. Im großen und ganzen sickert aber mehr Wasser bis zum Grundwasser hinab, als aus dem Boden verdunstet. Das Grundwasser müßte also fast überall steigen und steigen und schließlich die Geländeoberfläche erreichen, wenn es nicht seitlich abflösse. Dies Abfließen geht langsam aber stetig vor sich. In der Regel bewegt sich das Grundwasser auf das nächstgelegene offene Gewässer, sei es ein Graben, eine Quelle, ein Bach oder ein Fluß, zu und tritt in diesem zutage. In den wärmeren Monaten, wenn die Pflanzenwelt in vollem Wachstum begriffen ist, dringt nun häufig gar kein Wasser durch die oberen Bodenschichten hindurch, während der Abfluß des Grundwassers andauert. Infolgedessen senkt sich dann der Grundwasserspiegel, und die oberen Bodenschichten trocknen aus. Wird es kälter, hört das Pflanzenwachstum auf oder erfolgen anhaltende Regengüsse, so wird in der Regel das Wasser wieder tiefer in den Boden eindringen können. Es wird dabei zunächst die ausgetrockneten oberen Bodenschichten wieder gründlich durchfeuchten, schließlich bis zum Grundwasserspiegel hinabdringen und diesen zum Ansteigen bringen. Infolgedessen beobachten wir in der Regel Schwankungen des Grundwasserspiegels, die alljährlich (mit mehr oder minder großen Abweichungen) wiederkehren. Außerdem kann infolge von Klimaschwankungen der Grundwasserspiegel auch aus seiner regelmäßigen Lage herausgebracht werden und eine wesentlich höhere oder wesentlich tiefere Lage einnehmen, als diejenige, die durchschnittlich im Jahresverlaufe in Betracht kommt.

Die Grundwasserstandsschwankungen sind nun an verschiedenen Stellen ungemein verschieden, denn die örtlichen Verhältnisse, die Beschaffenheit des Geländes und des Bodens wirken stark darauf ein.

Die Ursachen der natürlichen Schwankungen des Grundwassers sind also äußerst verwickelt. Ohne gründliche allgemeine Untersuchungen und reiche Erfahrungen ist es nicht möglich zu entscheiden, ob eine Veränderung des Grundwasserstandes auf natürliche Ursachen oder auf künstliche Eingriffe zurückzuführen ist.

Diese künstlichen Eingriffe lassen sich in der Hauptsache in 4 Gruppen teilen:

1. landwirtschaftliche Meliorationen (Drainagen, Schöpfwerke usw.),
2. Fluß- und Kanalbauten, Räumung der Wasserläufe von Wasserpflanzen und Schlamm, Handhabung von Mühlenstau u. dergl.,
3. Betrieb von Bergwerken, Steinbrüchen u. dergl.,
4. Wasserwerke.

Mit der Untersuchung der Veränderungen des

Fig. 1. Talniederung zwischen Luckenwalde und Brandenburg.

Grundwasserstandes haben sich besonders die gewässerkundlichen Anstalten der verschiedenen deutschen Staaten befaßt. Über die seit dem Jahre 1902 durchgeführten Arbeiten der für Preußen zuständigen Stelle, der Landesanstalt für Gewässerkunde im Ministerium der öffentlichen Arbeiten zu Berlin[1]), berichtete der Unterzeichnete am 12. September 1919 auf der Wanderversammlung der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft. (Vergl. deren Jahrb. 1919, S. 348.) Von den dort vorgeführten Bildern seien einige hier wiedergegeben:

Fig. 1 zeigt die Talniederung zwischen Luckenwalde und Brandenburg, welche im Jahre 1912 ein beratender Ausschuß als Beobachtungsgebiet ausgewählt hatte und in welcher die Landesanstalt für Gewässerkunde allwöchentlich Messungen ausführen läßt. Von den heutigen Gewässern folgt nur die Plane z. T. der Richtung der breiten Talniederung,

[1]) Vergl. diese Zeitschr. 4. Jahrg. 1916, Hefte 20, 23, 28.

während die Nieplitz und Nuthe quer hindurchgehen. Die Linien 30—54 sind die *Höhenschichtenlinien des Grundwasserspiegels* vom November 1912. Senkrecht zu diesen Linien fließt also das Grundwasser. Wir sehen also, daß nicht etwa ein Grundwasserstrom der breiten Talniederung folgt, sondern daß mitten in dieser eine Grundwasserscheide verläuft, die der oberirdischen Talwasserscheide zwischen Nieplitz und Plane entspricht.

Was nun die hier beobachteten *Grundwasserschwankungen* betrifft, so gibt darüber Fig. 2

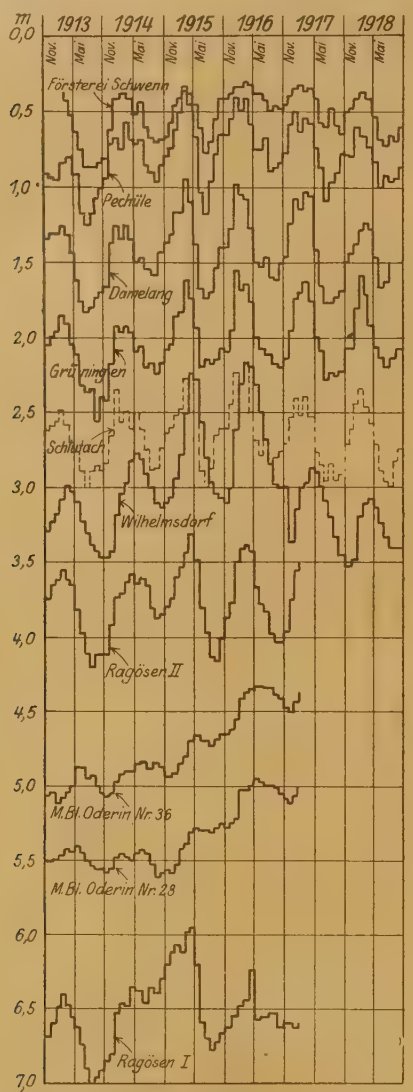


Fig. 2. Schwankungen (Höhen des Monatsmittels) des Grundwasserspiegels in der durch Fig. 1 dargestellten Talniederung.

Auskunft; wir haben hier, um eine bessere Übersicht über viele Beobachtungsstellen und über längere Zeiträume zu bekommen, nicht die einzelnen Beobachtungen zugrunde gelegt, sondern die *Monatsmittel* ausgerechnet und aufgetragen. Wir haben dabei das Jahr, wie es in der Gewässerkunde üblich ist, mit dem November des Vorjahres beginnen lassen. Bei den Auftragungen haben wir die Tiefe unter dem Meßpunkt, der ja in der Nähe der Geländeoberfläche liegt, eingetragen, um zu sehen, ob sich bei tieferer Lage des Grundwasserspiegels ein abweichendes Verhalten ergibt. Die obersten der aufgetragenen Linien liegen also in geringer Tiefe unter der Oberfläche, die unteren Linien immer tiefer; das Bild reicht bis zur Tiefe von 7 m. Man kann auch das Ausmaß der Schwankungen ersehen, denn der Abstand von einer wagerechten Linie bis zur nächsten wagerechten Linie beträgt ½ m. Man sieht ohne weiteres, daß sich die Schwankungen durchweg innerhalb eines Spielraumes von ½ bis 1 m vollzogen haben. Wir sehen immer wieder hohe Wasserstände in den Win-

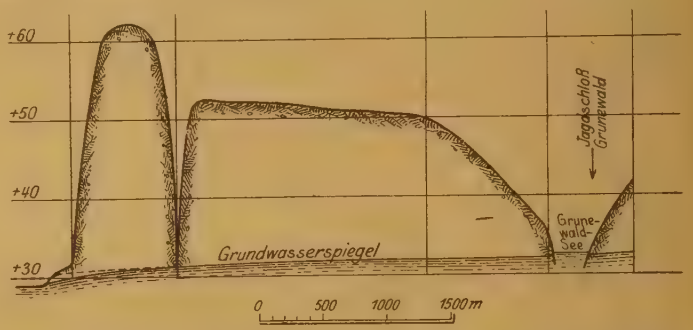


Fig. 3. Gefälle des Grundwassers aus der Richtung von Dahlem her über Jagdschloß Grunewald und den Stern zur Havel.

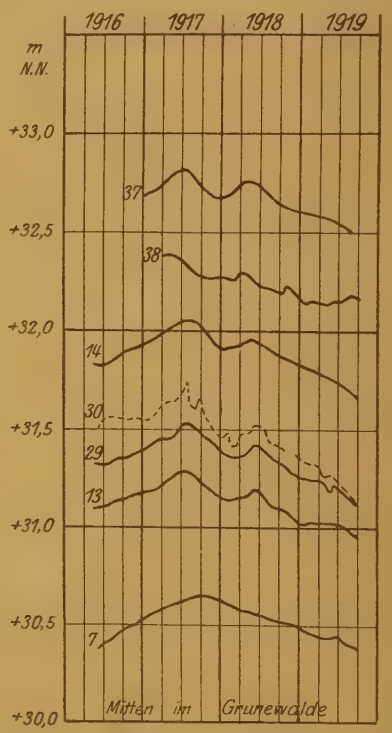


Fig. 4. Grundwasserschwankungen mitten im Grunewald.

termonaten Januar, Februar, März, April. Dann geht's herunter. Im Juli, August, September, manchmal auch bis in den Oktober und November hinein, steht das Grundwasser tief, dann steigt es allmählich wieder höher. Wir sehen auch, daß das Wasser 1913 unverhältnismäßig niedrig stand, im Sommer 1914 fiel es nicht so stark, erreichte in den Wintern 1915 und 1916 einen hohen Stand (besonders zeigt sich das bei der Linie von Wilhelmsdorf), dann ging's wieder herunter.

Es sind in dem Bilde noch zwei Stellen eingetra-

gen, die nicht in der geschilderten Talniederung liegen, sondern ein Stück weiter östlich bei Oderin. Hier zeigt sich ein ganz abweichender Verlauf. Derartige Engenbröteleien einzelner Gebiete sind uns mehrfach bekannt geworden und es ist eine interessante Aufgabe, ihre Ursachen herauszufinden.

Ein recht lehrreiches Beobachtungsgebiet bildet auch der Grunewald bei Berlin, in welchem die Landesanstalt für Gewässerkunde seit dem Jahre 1917 die vom Schutzverband für die Grunewaldseen begonnenen Messungen fortführt.

Fig. 3 zeigt einen Schnitt, der aus der Richtung von Dahlem her über Jagdschloß Grunewald und den Stern zur Havel verläuft. Der Höhenmaßstab mußte stark vergrößert werden, um das Gefälle des Grundwasserspiegels überhaupt hervortreten zu lassen.

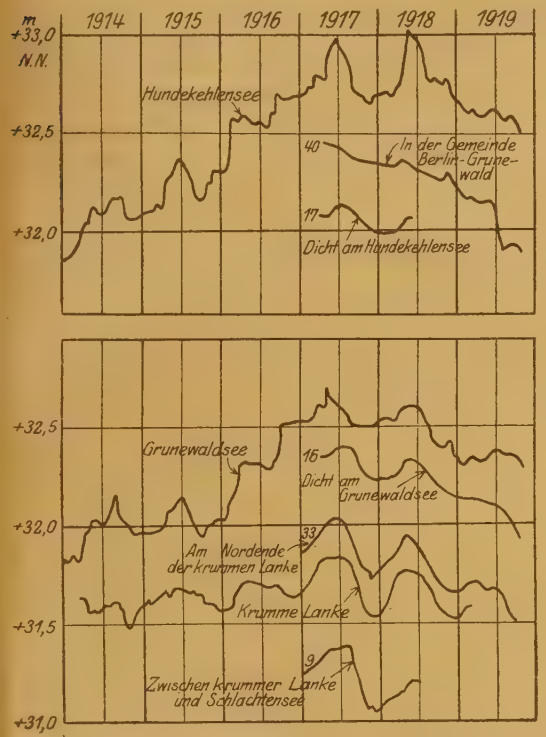


Fig. 5. Schwankungen des Wasserspiegels bei den Grunewaldseen u. beim benachbarten Grundwasser.

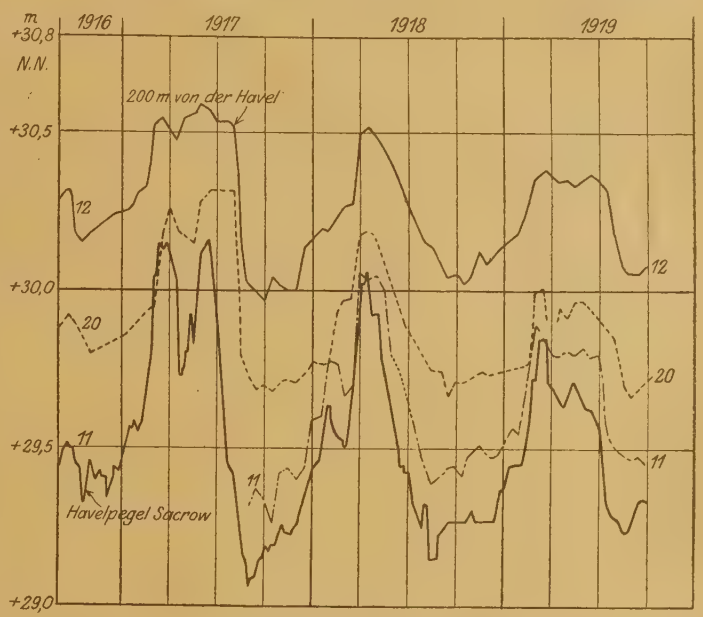


Fig. 6. Die Schwankungen des Havelwasserspiegels und des Grundwassers am Havelufer.

Man sieht, wie sich dieser mit schwacher Neigung unter den Hügeln hindurch zur Havel absenkt.

Fig. 4 zeigt die Grundwasserschwankungen mitten im Grunewald. Ein Vergleich mit Figur 2 lehrt, daß die Schwankungen hier ein geringeres Ausmaß zeigen als in der Talniederung zwischen Luckenwalde und Brandenburg.

Die Fig. 5 zeigt die *Schwankungen des Wasserspiegels bei den Grunewaldseen und beim benachbarten Grundwasser.* Bei der obersten Linie, der des Hundekehlensees, kommen bereits künstliche Eingriffe in Frage, nämlich die Einleitung des Abwassers von den Straßen der Gemeinde Berlin-Grunewald in den See. Diese oberirdischen Zuflüsse sind so reichlich, daß sie einige Zeit brauchen, bis sie in den Untergrund des Sees versickern. Infolgedessen haben sie den Seespiegel so angehoben, daß er jetzt höher liegt, als der Spiegel des benachbarten Grundwassers. Die beiden Linien 40 und 17 sind ebenso wie die Linie des Hundekehlensees auf die Höhe über Normalnull bezogen. Man sieht, wie bei Nr. 17, also dicht am Ufer des Sees, das Grundwasser fast 1 m tiefer liegt als der Seespiegel.

Im unteren Bilde ist der Wasserspiegel des Grunewaldsees und der Krummen Lanke im Vergleich mit demjenigen des benachbarten Grundwassers dargestellt. Bei der Krummen Lanke liegt der Normalfall vor, daß das Grundwasser am einen Ende des Sees höher liegt als der Seespiegel, am andern Ende aber tiefer.

Das Ausmaß der Schwankungen bei diesen Seespiegeln ist ein ähnliches, wie wir es auch bei Grundwasserspiegeln häufig kennen gelernt haben.

Bei den Flüssen dagegen liegen die Verhältnisse wesentlich anders. Z. B. zeigt Fig. 6 die Schwankungen des Havelwasserspiegels und des Grundwassers am Havelufer. Man sieht, daß die Havel hier viel lebhaftere Schwankungen aufweist als das Grundwasser mitten im Grunewalde. Diese Schwankungen wirken auch, wie die Linien zeigen, auf das Grundwasser am Havelufer zurück. *W. Koehne.*

Astronomische Mitteilungen.

Zur Bildung der Spiralnebel. Die wohl ausgeprägten Spiralnebel haben die gemeinsame Eigentümlichkeit, daß die die Spirale bildende Materie von dem mittleren, hellsten Teil in zwei, um 180 ° gegeneinander orientierten Windungen auszugehen scheint. Es lag nahe, an die Analogie des „Feuerrades" zu denken. Von dieser schon früh herangezogenen Analogie geht auch *Bottlinger* in einer Betrachtung in A. N. 5017 aus, in der er eine neue Hypothese zur Erklärung der Spiralnebel aufstellt. Den Grundgedanken dieser Hypothese hat er auch zu einer neuen Theorie der Veränderlichen vom δ Cephei-Typus verwandt, über die an dieser Stelle noch berichtet werden wird. Er besteht in der Annahme, daß die Kerne der Spiralnebel Jacobische Ellipsoide an der Grenze der Stabilität sind, die für homogene Flüssigkeiten bei den Achsenverhältnissen 1 : 0,432 : 0,343 erreicht

wird. An den Längspolen ist die Gravitation am kleinsten, die Zentrifugalkraft am größten, dort können also Teilchen am ehesten abgeschleudert werden. Es hängt natürlich von dem Betrag seiner zufälligen Geschwindigkeit ab, ob ein Teilchen sich wirklich ablöst oder nicht. An den Längspolen ist jedenfalls die geringste Geschwindigkeit zur Ablösung nötig, dort findet eine solche also am leichtesten statt. Ist die ursprüngliche Geschwindigkeit nicht hyperbolisch oder parabolisch, so kehren die abgelösten Teilchen auf einer stark gestörten Ellipse wieder zum System zurück. Dazu kommt aber noch der Strahlungsdruck, der den Vorgang wesentlich modifizieren muß. Überwiegt die Gravitation, so fallen die Teilchen in der angedeuteten Weise wieder zurück, überwiegt der Strahlungsdruck, so entfernen sie sich mit zunehmender Geschwindigkeit; heben sich Gravitation und Strahlungsdruck gerade auf, so entfernen sie sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit. Im zweiten Falle ergeben sich für die Bahnen der Teilchen Spiralen mit stark divergenten Armen, im dritten Falle archimedische Spiralen. *Bottlinger* vergleicht nun einige besonders charakteristische Nebel mit dem Ergebnis seiner Rechnungen. Er konnte dabei eine von *v. d. Pahlen* (A. N. Bd. *188*, S. 249) geleistete Vorarbeit benutzen, in der an drei wohlausgeprägten Spiralnebeln gezeigt wird, daß für diese der Verlauf der Windungen mehr der logarithmischen Spirale (also einer Form mit stark divergenten Armen) als der archimedischen folgt. Indessen ergab sich dies bei genauer Durchsicht des photographischen Nebelatlas von *Keeler* (Publ. Lick Obs. Bd. 8) nicht als allgemeingültig für alle Spiralnebel. *Bottlinger* fand sogar für den Fall 1 Beispiele. Gleichwohl scheint die logarithmische Spirale vielleicht die häufigste Form zu sein.

Das Spektrum der Spiralnebel ist im allgemeinen ein kontinuierliches (kein Gasspektrum), jedoch ist nach *Wolf* meistens über den kontinuierlichen Untergrund des Spektrums der Wolf-Rayet-Sterne (Emissionsbänder, Spektraltypus O) nicht selten auch ein Gasnebelspektrum gelagert. Da umgekehrt die Spektren der echten Gasnebel meistens außer den Gaslinien auch einen mehr oder weniger deutlichen kontinuierlichen Untergrund und manche Gasnebel auch Andeutungen von Spiralform zeigen, so hält *Bottlinger* eine scharfe Grenze zwischen Spiral- und Gasnebeln nicht für bestehend.

Die Stellung der kugelförmigen Sternhaufen und der Spiralnebel zu unserem Sternsystem. In A. N. 5016 berichtet *Lundmark* über einen im Arkiv för Mat., Astr., Fys. von ihm veröffentlichten Versuch[1]), die Entfernungen der kugelförmigen Sternhaufen und der Spiralnebel zu schätzen, um einen Anhalt dafür zu gewinnen, ob diese Gebilde Glieder unseres Sternsystems, des Systems der Milchstraße, oder selbständige, koordinierte Systeme im Weltraum sind. Für die kugelförmigen Sternhaufen, die sich ganz auffallend auf eine begrenzte Fläche des Himmels mit dem Zentrum im Sagittarius zusammendrängen, kann es kaum mehr zweifelhaft sein, daß sie zum „erweiterten" System der Milchstraße gehören. Was die Spiralnebel anbetrifft, so gibt es wenige Fragen in der Stellarastronomie, bezüglich derer die Meinungen der Astronomen so häufig gewechselt haben, wie diese. Je nach dem Gewicht, das man den einzelnen, niemals durchschlagenden Argumenten für und gegen die Zugehörigkeit zu unserem Sternsystem zuerkannte, entschied man sich zu der einen oder anderen Anschauung. Die Zahl der Untersuchungen, die sich mit diesem wichtigen Problem befassen, ist so umfangreich, daß bezüglich der Literaturnachweise auf das Originalreferat verwiesen werden muß. Zwischen den kugelförmigen Sternhaufen und den Spiralnebeln scheinen gewisse Beziehungen zu bestehen, die es angezeigt erscheinen lassen, beide Gebilde gemeinsam zu betrachten.

So zahlreich wie die Versuche, die Entfernungen der kugelförmigen Sternhaufen und der Spiralnebel zu schätzen, so mannigfaltig sind die dabei angewandten Methoden. Der Charakter dieser Methoden möge an einigen ausgewählten Beispielen veranschaulicht werden. 1. Für die isolierten Sterne des Himmels ergibt sich eine Beziehung zwischen ihrer absoluten (wahren) Helligkeit und der relativen Häufigkeit ihres Vorkommens, die sogenannte Leuchtkraftkurve. Geht man nun zu den Sternen eines kugelförmigen Sternhaufens über, so kann man zunächst wegen der praktischen Gleichheit der Entfernung der einzelnen Sterne des Haufens von uns ihre scheinbare Helligkeit für die absolute nehmen. Durch Abzählung der Sterne der verschiedenen Helligkeiten erhält man also auch hier eine Leuchtkraftkurve, die man unter der Voraussetzung, daß das Häufigkeitsgesetz für die Sterne des Sternhaufens dasselbe sei wie für die isolierten Sterne, mit der Leuchtkraftkurve der letzteren vergleichen kann. Man erhält damit unmittelbar die absoluten Helligkeiten der Sternhaufensterne und aus der Vergleichung mit den scheinbaren Helligkeiten derselben ihre Entfernung oder Parallaxe. 2. Als Spezialfälle dieser Methode sind die folgenden zu betrachten. Zwischen den absoluten Helligkeiten der Veränderlichen vom δ Cephei-Typus in Sternhaufen und der Länge ihrer Perioden besteht eine Beziehung. Dehnt man dies auf die isolierten δ Cephei-Veränderlichen aus, deren durchschnittliche Parallaxen bzw. absoluten Helligkeiten man aus ihren Eigenbewegungen abschätzen kann, so ergibt sich wiederum ein Weg, die absoluten Helligkeiten und damit die Parallaxe der Sternhaufensterne zu bestimmen. Ähnlich kann man mit den hellsten Sternen eines Sternhaufens verfahren, indem man annimmt, daß ihre mittlere absolute Helligkeit gleich der der isolierten Giganten in unserem Sternsystem sei. In den Spiralnebeln ist das Aufleuchten von Neuen Sternen ein sehr häufiges Phänomen. Unter der Voraussetzung, daß ihre maximale Helligkeit durchschnittlich die gleiche wie die der isolierten Novae in der Milchstraße sei, ergibt sich ein Mittel zur Bestimmung der Parallaxen der Spiralnebel. 3. Die Vergleichung der Radialgeschwindigkeit mit der scheinbaren (sphärischen) Eigenbewegung liefert ein weiteres Mittel zur Bestimmung der Entfernung. In gleicher Weise gilt dies für die beobachteten Rotationsbewegungen in Spiralnebeln, indem man die Komponente im Visionsradius mit der dazu senkrechten vergleicht, unter der Voraussetzung, daß die Rotationsbewegung bei verschiedenen Spiralnebeln von der gleichen Größenordnung ist, da man die radiale Komponente nur bei solchen Nebeln bestimmen kann, deren Rotationsebene einen kleinen Winkel mit der Gesichtslinie bildet, die dazu senkrechte Komponente nur bei solchen, deren Ebene nahezu senkrecht auf der Gesichtslinie steht. Usw.

[1]) Inzwischen auch als Nr. 8 des 60. Bandes der Verhandlungen der Kgl. Schwedischen Akademie der Wissenschaften zu Stockholm erschienen.

Lundmark hat alle bisher bekannten Methoden diskutiert und teilweise weiter ausgebaut, einige neue sind von ihm hinzugefügt worden.

Für die Sternhaufen gelangt er im wesentlichen zu den gleichen Ergebnissen wie *Shapley* (Contributions Mt. Wilson Obs.), also zu Entfernungen von der Größenordnung 30 000—200 000 Lichtjahren (Parallaxe $1'' = 3¼$ Lichtjahre). Für die Spiralnebel ergeben sich, wenn man von den direkten Parallaxenbestimmungen absieht, die hier versagen müssen, nach den verschiedenen Methoden durchschnittliche Parallaxen zwischen $< 0,''0007$ und $0,''000\,000\,2$, wobei die untere Grenze als der Wahrheit am nächsten kommend angesehen wird. Aus 13 im Andromedanebel beobachteten Neuen Sternen ergab sich die Parallaxe dieses Nebels zu $0,''000\,006$ gleich rund 500 000 Lichtjahren. Andere Methoden liefern wesentlich größere Parallaxenwerte. Damit findet man für die obere Grenze des wahren Durchmessers des Nebels 23 000 Lichtjahre.

Für das System der Milchstraße im engeren Sinne ergeben *Seeligers* Untersuchungen auf Grund der Sternverteilung einen Durchmesser von 50 000 Lichtjahren. Da an der Zugehörigkeit der kugelförmigen Sternhaufen zur Milchstraße nicht wohl gezweifelt werden kann, so würden obige Entfernungen, wenn sie der Größenordnung nach richtig sind, auf eine weit größere Ausdehnung der Milchstraße mindestens in der Richtung zum Sagittarius hindeuten. Spiralnebel wie der Andromedanebel oder die Magellanischen Wolken — für die kleinere ist die Parallaxe zu $0,''000\,05$ geschätzt worden — würden dann kaum als nicht zur Milchstraße gehörend angesehen werden können, während die Zugehörigkeit der entferntesten Spiralnebel zweifelhaft bleibt, wenn ihre Entfernungen wenigstens der Größenordnung nach richtig bestimmt sind.

Die Periode von δ Cephei. Betrachtet man gemäß der Pulsationstheorie die Veränderlichen vom δ Cephei-Typus als einzelne schwingende Gaskugeln, so muß die Lichtwechselperiode, die als die Schwingungsperiode der Gaskugel aufzufassen ist, umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Dichte des Sternes sein. Andererseits findet *Eddington* (Monthly Notices *79*, 19, 1918, vgl. auch *Kohlschütter*, Der innere Aufbau der Sterne, Naturwissenschaften 1919, 65, 89) auf Grund seiner Theorie des Aufbaues eines Sternes unter Berücksichtigung des Strahlungsdruckes, daß das Gigantenstadium der Sterne, d. h. das Stadium sehr geringer Dichte und zunehmender Temperatur, nur sehr kurzdauernd sein kann, wenn nicht noch andere, wirksamere Quellen für den Ersatz des Energieverlustes gefunden werden als die Kontraktion. Die Kontraktion muß nämlich, um den Strahlungsverlust zu decken, so schnell vor sich gehen, daß die im Gigantenstadium sich befindenden δ Cephei-Sterne sehr merkliche fortschreitende Verkürzungen ihrer Lichtwechselperioden zeigen müßten, etwa von der Größenordnung 40^s pro Jahr. *Hertzsprung* untersucht in A. N. 5018 diese Frage an δ Cephei, dem am längsten und intensivsten beobachteten Veränderlichen der Klasse, indem er das vorhandene, über 126 Jahre sich erstreckende Beobachtungsmaterial, das er zum Teil neu reduziert hat, nach einem besonderen, einheitlichen Verfahren zu einer neuen Bestimmung der Epochen der Maxima verwendet. Das von ihm eingeschlagene Verfahren hat den Zweck, den Einfluß von Veränderungen der Form der Lichtkurve, wie sie im Lauf der Zeit, hauptsächlich infolge verschiedener Auffassung der Beobachter, eingetreten sind, auf die Bestimmung der Maxima möglichst unschädlich zu machen. Es ergab sich eine fortschreitende Verkürzung der Periode von jährlich nur $0,079^s$ mit einem mittleren Fehler von $\pm 0,0083^s$, also weit weniger, als die Theorie verlangt. Selbst diese wirklich gefundene Verkürzung der Periode scheint durchaus noch nicht gesichert; sie steht und fällt mit der Zuverlässigkeit der ältesten Maxima von 1785 (*Goodricke, Pigott*) und 1818 (*Westphal*). Die Beobachtungen seit 1848 zeigen für sich keine merkliche Verkürzung der Periode. Jedenfalls sind weitere Beobachtungen zur Bestätigung der Periodenänderung notwendig. *Guthnick.*

Berichte gelehrter Gesellschaften.

Akademie der Wissenschaften in Wien.

Sitzungen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse, 1919.

13. März.

Das w. M. Hofrat *Hans Molisch* legt eine im Pflanzenphysiologischen Institut durchgeführte Arbeit des Fräuleins *M. Perusek* vor, betitelt: **Über Manganspeicherung in den Membranen von Wasserpflanzen.** Die von *Molisch* entdeckte, im Lichte eintretende Manganoxydspeicherung in der Epidermis submerser Wasserpflanzen wurde weiter verfolgt und führte unter anderm zu dem Ergebnis, daß die Fähigkeit, Mangan in der Zellwand zu speichern, sich fast allgemein bei den typischen submersen Wasserpflanzen findet; seltener und in geringerem Maße tritt die Manganspeicherung bei amphibischen und bei Schwimmpflanzen auf und fehlt fast vollständig bei Landpflanzen.

Studien über Flugsaurier und Bearbeitung des Wiener Exemplares von Dorygnathus banthensis Theod. sp. (2 Tafeln 55 Textfig.). Das betreffende vollständige Exemplar wurde vom Hofmuseum aus dem schwäbischen Oberlias erworben. Die Gestalt dieses Reptils im ganzen und in seinen Details, die Kenntnis des Grades seiner Flugfähigkeit und dementsprechend der Bau seiner Extremitäten waren bisher unbekannt. Die vergleichenden Studien ergaben Schädelrekonstruktionen von allen gut bekannten Arten von Mitteltrias bis Oberkreide (Turon). Die einzelnen Körperabschnitte wurden in betreff ihrer Wirbelzahlen auf dem Wege des Vergleiches festgestellt. Die Veränderungen im Knochenbau, welche die Fortbildung des Flugvermögens im Gefolge hatten, konnten teilweise in Textbildern dargestellt, die Aus- bzw. Umbildung von Hand und Fußwurzel verfolgt werden; die Zusammensetzung des Beckens und die Größenvariationen ihrer Elemente wurden untersucht und Gestalt sowie Verwendung der Hinterextremität verfolgt, schließlich die Ansichten über die mutmaßlichen Ahnen der Flugsaurier diskutiert. Aus den Vergleichen an fossilem und rezentem Material ergaben sich Rückschlüsse für die Auffassung einzelner unvollkommener Flugsauriertypen als passive Fallschirmflatterer.

Dr. *Alfred Basch* in Wien überreicht eine Arbeit mit dem Titel **Zur Bewegung eines materiellen Punktes unter Einwirkung einer im umgekehrten Verhältnis des Quadrates des Abstandes stehenden Zentralkraft.** Von der allgemeinen Gleichung der durch die im Titel gekennzeichneten anziehenden und abstoßenden Zentralkräfte hervorgerufenen Bahnen ausgehend,

werden die Einhüllenden der Scharen der bei gleicher Anfangsgeschwindigkeit von einem und demselben Anfangspunkt entstehenden Bahnen, ferner die Orte ihrer Hauptachsenendpunkte betrachtet. Anschließend werden bei Auffassung des schiefen Wurfes als Zentralbewegung gültige explizite strenge und Näherungsformeln für ballistische Größen einschließlich der Wurfzeit angegeben.

20. März.

Prof. Dr. *Joh. Furlani* in Wien übersendet eine Abhandlung mit dem Titel: **Beobachtungen über die Beziehungen zwischen Intensität der chemischen Strahlung und der Luftbewegung.** Die Hauptresultate der Beobachtungen sind:

Die chemische Intensität der Gesamtstrahlung ist im Hochsommer bei SE- bis SW-Winden eine größere, bei NW- bis NO-Winden eine geringere als bei Windstille.

Die chemische Intensität der Sonnenstrahlung nimmt bei warmen, südlichen Winden und bei Windstille zu und erreicht die höchsten Werte.

Im Vorstadium des Föhns zeigt eine Erhöhung der Sonnenstrahlung das Ausfließen der kalten Bodenluft aus dem Inntale an. Im stationären Föhnstadium erfolgt eine Vermehrung der diffusen chemischen Strahlung und eine Abnahme der Wärmestrahlung.

Prof. *S. Oppenheim* legt folgende zwei Abhandlungen vor: 1. **Statistische Untersuchungen über die Bewegung der kleinen Planeten.** Die Abhandlung versucht es, eine Art „statistische Mechanik der Bewegungen" im System der kleinen Planeten zu entwerfen, zu dem Zwecke, um die in diesen Bewegungen auftretenden Gesetzmäßigkeiten, wegen ihrer Nutzanwendung auf die Eigenbewegungen der Fixsterne zu untersuchen. Für diese hat Verfasser bekanntlich die Hypothese aufgestellt, daß die in ihnen neuestens konstatierten Gesetzmäßigkeiten das ganz analoge charakteristische Gepräge zeigen, wie sie sich in den Bewegungen im Schwarme der kleinen Planeten vorfinden, so daß alle Entwicklungen, die für diese gültig sind, auch für jene vorbildlich sein können.

2. **Über die Eigenbewegungen der Fixsterne, IV. Mitteilung. Das Verteilungsgesetz der Eigenbewegungen.** Die Abhandlung stellt sich die Aufgabe, die der neuen vom Verf. aufgestellten Hypothese entsprechende Verteilungsfunktion der Eigenbewegung der Sterne zu finden. Sie erhält die Form:

$$dN = Ce^{-h^2(u^2+v^2)}\, du\, dv \cdot F$$

und besteht aus zwei Teilen, von denen der erste aussagt, daß für sie die Maxwellsche Verteilungsform der Geschwindigkeiten gültig ist, der zweite, der Zusatzfaktor F, der gleichsam die Tatsache ausdrücken soll, daß der Anblick dieser Bewegungen nicht vom Schwerpunkt des Systems aus erfolgt, sondern von einem exzentrisch liegenden Standpunkte aus, und aus dem daher die Lage dieses Schwerpunktes sowie seine Entfernung von der Sonne zu bestimmen ist.

Das w. M. Prof. *J. v. Hepperger* übersendet eine Abhandlung von Dr. *J. Holetschek* mit dem Titel: **Über die in der Verteilung der uns bekannten Kometen nachgewiesenen Perihelregeln und ihre Bestätigung durch die Kometen seit 1900.** Die Regeln können sämtlich auf Verschiedenheiten der Sichtbarkeitsverhältnisse zurückgeführt werden. Die auffallendste besteht darin, daß die infolge günstiger Sichtbarkeitsverhältnisse zu unserer Kenntnis gelangenden Kometen um so zahlreicher sind, je kleiner die Differenz zwischen der heliozentrischen Länge des Perihelium l und der zur Zeit des Periheldurchganges T stattfindenden heliozentrischen Länge der Erde $L \pm 180°$ ist. Die zweite Regel zeigt sich in der Weise, das die Perihelbreiten b der uns bekannten Kometen um so kleiner sind, je größer die Periheldistanzen q der betreffenden Kometen sind. Diese zwei Regeln gelten für die Erde überhaupt, d. h. ohne Rücksicht auf eine bestimmte Hemisphäre. Es ergeben sich aber mehrere Abzweigungen, wenn auch auf die Stellung der Kometen zum Standpunkt der Beobachter Rücksicht genommen wird. Aus der Zahl der unter günstigen Umständen erschienenen Kometen läßt sich anderseits mit einiger Sicherheit auch entnehmen, wieviel Kometen infolge ungünstiger Umstände für uns verloren gehen; und da die Verluste dieser Art nicht nur beträchtlich, sondern großenteils sogar unvermeidlich sind, ist die Folgerung nicht abzuweisen, daß wir sehr weit davon entfernt sind, aus der Verteilung der uns bekannten Kometen sichere Schlüsse auf die Verteilung der Kometen überhaupt ziehen zu können.

Das w. M. Hofrat *J. M. Eder* legt eine Abhandlung vor mit dem Titel: **Photometrie der sichtbaren Lichtstrahlen mit lichtempfindlichen Leukobasen organischer Farbstoffe sowie mit Chlorsilber- und Chromatpapier.** Es wird die Lichtempfindlichkeit der Leukobasen von Brillantgrün, Malachitgrün, Kristallviolett, Rhodamin, Leukanilin und Leukoblau zur Messung der Helligkeit der roten, gelben und grünen Lichtstrahlen benutzt. Sie sind für die komplementäre Farbe entsprechend dem Absorptionsmaximum lichtempfindlich und färben sich in ihrer ursprünglichen roten oder grünen oder dergleichen Farbe. Die mit Kollodium gemischten Leukofarbstoffe übertreffen an Farbenempfindlichkeit weit die bisher in der Photometrie versuchten, mit Farbstoffen sensibilisierten Bromsilber- oder Chlorsilberpapiere. Das Leukobrillantgrün reagiert photometrisch ungefähr auf denselben Spektralbezirk, der bei der Chlorophyllbildung in der lebenden Pflanze in Betracht kommt, wodurch dieses Photometerpapier für die Pflanzenphysiologie Beachtung verdient. Die Lichtreaktion bei dem Leukobasenpapier ist eine Photooxydation, beim Chromatsowie beim Chlorsilberpapier ein Reduktionsvorgang.

Das w. M. Hofrat *C. Toldt* überreicht den vorläufigen Bericht des Fräulein Dr. phil *Hella Schürer von Waldheim* über ihre anthropologischen Untersuchungen in dem Flüchtlingslager von Niederalm. Dr. phil. *Hella Schürer von Waldheim* hat in den Jahren 1917 und 1918 rassenanthropologische und vererbungswissenschaftliche Untersuchungen an wolhynischen Flüchtlingsfamilien im Lager Niederalm bei Salzburg ausgeführt. Es wurden 70 kinderreiche Familien untersucht. Es konnte eine in die kleinsten Einzelheiten zu verfolgende Selbständigkeit in der Vererbung der morphologischen Merkmale festgestellt werden.

Das k. M. Bergrat *Fritz Kerner v. Marilaun* überreicht folgende zwei Arbeiten: 1. **Zur Kenntnis der zonalen Wärmeänderung im reinen Land- und Seeklima.** Auf Grund der für das reine Land- und Seeklima gefundenen Parallelkreistemperaturen wurde für jeden zehnten Parallel der Exponent von $\cos\varphi$, welcher der gefundenen Temperatur entspricht, bestimmt. Es ergibt sich in abgerundeter Form der Exponentialausdruck $2 - \cos\varphi$, welcher besagt, daß die Wärmeänderung von einer zu $\cos\varphi$ proportionalen am Äquator in eine zu $\cos^2\varphi$ proportionale am Pol übergeht.

2. **Die zonale Änderung des jährlichen Ganges der Luftwärme.** Das Maximum läßt eine wachsende Verspätung mit zunehmender Wasserbedeckung erkennen; die Änderung vollzieht sich aber äußerst ungleichmäßig. Das Minimum zeigt aber in den gemäßigten Südbreiten frühere Eintrittszeiten als in den nördlichen. Eine deutlichere Beziehung zur Bedeckungsart zeigt sich bei den durch den Sinus und den durch den Arcus der geographischen Breite dividierten Amplituden.

10. April.

Zur Theorie der Röntgenspektren (Zur Frage der Elektronenanordnung im Atom), von *Adolf Smekal.* Es wird unter Voraussetzung rein elektrostatischer Kräfte und exakter Gültigkeit der Bohrschen Frequenzbedingung im Gebiete der Röntgenspektren eine allgemeine Bestätigung des von *Born* und *Landé* für die

Ionen regulärer Kristallgitter konstatierten Befundes erbracht, daß die Elektronen-„Ring"-Vorstellung im Bohrschen Atommodell zu Widersprüchen mit der Erfahrung führt.

Das w. M. Hofrat *F. Exner* legt folgende Arbeit vor: Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung, Nr. 119. **Über die chemischen Wirkungen der durchdringenden Radiumstrahlung. 11. Der Einfluß der durchdringenden Strahlen und der des ultravioletten Lichtes auf Toluol allein sowie auf Toluol bei Anwesenheit von Wasser,** von *Anton Kailan.* Bei mehrjähriger Einwirkung der durchdringenden Radiumstrahlen auf Toluol bei Lichtabschluß entstehen neben Benzaldehyd kleine Mengen Säure, und zwar größtenteils Benzoesäure, daneben vielleicht noch Ameisensäure; das Haupteinwirkungsprodukt wird aber dargestellt durch eine aus Kohlenwasserstoffen nebst Kondensationsprodukten des Benzaldehyds bestehende Masse. Veränderungen der gleichen Art und Größenordnung werden schon durch kurze Bestrahlung mit einer Quarzquecksilberlampe hervorgerufen. Aus Toluol und Wasser entstehen Benzoesäure und Ameisensäure beziehungsweise auch noch Oxalsäure.

Mitteilungen aus der Biologischen Versuchsanstalt der Akademie der Wissenschaften in Wien (Physiologische Abteilung, Vorstand: E. Steinach), Nr. 36. Die antagonistisch-geschlechtsspezifische Wirkung der Sexualhormone vor und nach der Pubertät, von *E. Steinach* (ausgeführt mit Zuwendung aus der Treitl-Stiftung). Die Trennung der Geschlechter geschieht durch den Antagonismus der Sexualhormone. In bisherigen Mitteilungen wurde der Antagonismus stets in bezug auf die in Entwicklung begriffenen Geschlechtscharaktere verfolgt. Nunmehr aber wird über neue Versuche berichtet, in denen alle Eingriffe (Feminierung, Maskulierung, Hermaphrodisierung) den geschlechtsreifen erwachsenen oder schon älteren Organismus betreffen.

Nr. 37. Künstliche Zwitterdrüsen bei Säugern und Vögeln, von *E. Steinach.* Je nachdem die besondere Wachstumstendenz der einzelnen Geschlechtsmerkmalsanlagen während der embryonalen und puberalen Entwicklung mit erhöhter Aktivität der einen oder anderen Substanz einer unvollständig und abnorm differenzierten Pubertätsdrüse zusammenfällt, entstehen männliche und weibliche Charaktere verschiedenster Abstufung.

Nr. 38. Experimentelle und histologische Beweise für den ursächlichen Zusammenhang von Homosexualität und Zwitterdrüse, von *E. Steinach* (ausgeführt mit Zuwendung aus der Treitlstiftung). Unter den Homosexuellen lassen sich solche mit periodischen Anfällen und solche mit konstanter Homosexualität unterscheiden. Mit neuen experimentellen Zwitterbildungen sowie mit Auffindung der zwitterigen Pubertätsdrüse bei einem naturgegebenen Falle konträrer Geschlechtsempfindung (Ziege) ist die Frage nach der biologischen Grundlage der (periodischen und permanenten) Homosexualität gelöst.

Nr. 39. Histologische Beschaffenheit der Keimdrüse bei homosexuellen Männern, von *E. Steinach* (ausgeführt mit Zuwendung aus der Treitlstiftung). Als histologische Kennzeichen des Hodens von Homosexuellen wurden erhoben: Degeneration bis Atrophie der Samendrüsen; Verringerung und teilweise Degeneration der männlichen Pubertätsdrüsenzellen; Vorhandensein großer Zellen, die im Aussehen den weiblichen Pubertätsdrüsenzellen nahekommen.

8. Mai.

Das w. M. Prof. *W. Schlenk* übersendet eine Arbeit von Dr. *Julius Zellner,* betitelt: **Zur Chemie der heterotrophen Phanerogamen.** III. Mitteilung. Zunächst werden die Mineralstoffverhältnisse der Heterotrophen dargelegt, im zweiten Abschnitt geht der Autor auf die Stickstoffverbindungen der chlorophyllarmen Parasiten und Saprophyten ein, im dritten Abschnitt werden die osmotischen Verhältnisse der Zellsäfte erörtert, im vierten Abschnitt endlich faßt der Autor jene biochemischen Erscheinungen übersichtlich zusammen, die sich als gemeinsam für die heterotrophen Phanerogamen erkennen lassen.

Das w. M. Hofrat *F. Exner* legt vor: Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 120. **Über die harte Sekundärstrahlung der γ-Strahlen von Radium,** 2. Mitteilung, von *K. W. Fritz Kohlrausch.* Die von Ra-γ erregte sekundäre γ-Strahlung besteht aus zwei Komponenten, deren Intensitätsverteilung sich mit den Forderungen der Debyeschen Streuungstheorie nicht vereinen läßt, wenn auch eine gewisse qualitative Übereinstimmung zu konstatieren ist.

12. Juni.

Das Rippenrudiment des siebenten Halswirbels, von *M. Holl.* Darstellung der Art und Weise, wie ein freie Rippen tragender siebenter Halswirbel in jenen Zustand überführt wird, wo er als „normaler" siebenter Halswirbel erscheint.

Das w. M. Hofrat *H. Molisch* überreicht eine vorläufige Mitteilung des Universitätsprofessors Dr. *Oswald Richter* (Wien) über: **Anwendung selektiver Nährböden bei der Reinzucht von Algen.** Dem Verfasser gelang es, durch Anwendung selektiver Nährböden eine *Chlorella,* die spontan in den *Magnesiumsulfatfläschchen* chemischer Laboratorien auftritt und eine *Chlorophycee,* die in Aquarien mit *Triester Meerwasser* aufgekommen war, in kurzer Zeit in bakterienfreier Reinkultur zu ziehen. In Verwendung kam eine 10 % Gelatine in destilliertem Wasser, der 10 % $MgSO_4 + 7\,H_2O$ zugesetzt worden waren. Mit diesem Nährsubstrate erhält man bereits in den ersten Plattenkulturen freiliegende, völlig reine Kolonien der Grünalge. Bei der Reingewinnung der Meereschlorophycee wurde zunächst so vorgegangen, daß von dem Organismengemisch der Rohkultur in Strichen auf Agar mit 0, 0,5, 1,5, 2, 2,5 und 3 % ClNa-Zusatz abgeimpft wurde, worauf von den in 2 % ClNa-Agar am üppigsten zur Entwicklung gelangten Algen sofort Striche auf die 10 % $MgSO_4$-Gelatine aufgetragen wurden, die sich bereits als bakterienfrei erwiesen. Das *Studium der Physiologie* der aus den $MgSO_4$-Fläschchen bakterienfrei gezogenen *Chlorella* hat vorläufig gezeigt, daß die Alge auf einer Gelatine, der 20 % $MgSO_4$ *zugesetzt wurden,* nahezu *ebensogut fortkommt* wie auf einer mit 10 % $MgSO_4 + 7\,H_2O$. Ebenso entwickelt sie sich gut (+), sehr gut (++), ja vorzüglich (+++) auf Gelatinen mit Zusätzen von 6 % $Mg(NO_3)_2$ (++), 8,2 % $MgCl_2$ (++), 3,42 % $MgCO_3$ (++), 8,7 % $MgC_6H_6O_7$ (Mg-Zitronat: +++), 3,5 % $NaNO_3$ (++) und 4,1 % KNO_3 (+), also mit Salzzusätzen, die mit 10 % $MgSO_4 + 7\,H_2O$ isosmotisch sind. Sie reiht sich hiermit einer Anzahl anderer niederer Algen an, von denen eine ähnliche Widerstands- und Anpassungsfähigkeit an höhere Prozentgehalte von Bittersalz mitgeteilt wurde. So vertragen *Chlorella protothecoides* und *Chlorothecium saccharophilum* nach *Krüger* 10 %, nach *Artari Chlorella communis* noch 27 %, *Stichococcus bacillaris* 15 % und *Chlamydomonas Ehrenbergii Gorosch.* 21 % $MgSO_4 + 7\,H_2O$ im Nährsubstrate. Was die *auto-, mixotrophe und saprophytische Lebensweise* der Alge anlangt, so ist zu bemerken, daß sie sich sowohl in rein mineralischen wie in solchen Nährflüssigkeiten, die Zutaten in Form organischer Substanzen enthalten, im Lichte vorzüglich entwickelt und hierbei die *mixotrophe Lebensweise der autotrophen vorzieht,* denn sie zieht Pepton und Dextrin, Pepton allein, Asparagin, Trauben- bzw. Rohrzucker als Zutat enthaltende Nährlösungen allen anderen ihr bisher dargebotenen Kulturflüssigkeiten vor. Ebenso ist offenbar die auf der 8,7 % Mg-Zitrat enthaltenden Gelatine beobachtete, überaus üppige Entwicklung der Alge im Lichte der im genannten Salze gebotenen Zitronensäure zuzuschreiben. Hierbei fördert insbesondere das Mg-Zitrat und der Traubenzucker in überraschender Weise

die *Chlorophyllbildung*, so daß Kulturen mit diesen Substanzen durch ihre *sattgrüne Farbe* aus allen Parallelkulturen hervorleuchten. Zutat von ½ % Dextrin oder 0,25 % Glyzerin ohne Pepton neben 0,89 % $Ca(NO_3)_2$ als N-Quelle zur Nährflüssigkeit läßt die Algen *im Lichte farblos oder fast farblos, aber üppig wachsen*. Von ganz besonderem Interesse ist nun die Tatsache, daß auch in *rein mineralischen* Nährlösungen *im Lichte* dasselbe üppige Wachstum *scheinbar farbloser oder fast farbloser* Zellen zu beobachten ist, vorausgesetzt, daß die Nährlösung 1 % $MgSO_4 + 7\,H_2O$ und 0,89 % $Ca(NO_3)_2$ gleichzeitig enthält. Wählt man jedoch den Zusatz der genannten Salze mit je 0,02 g auf 100 cm³, so tritt keine Hemmung in der Chlorophyllbildung ein, die Algen wachsen vielmehr im Lichte üppig mit schön grüner Farbe. Im allgemeinen *auf das Licht* für ihre Entwicklung *angewiesen* (Schablonenversuche mit 10 % $MgSO_4$-Gelatine in saurer und alkalischer Reaktion), vermag sie dennoch auf geeigneten Nährsubstanzen, z. B. einer schwach alkalischen Gelatine mit 1 % bzw. 2 % Asparagin im Dunkeln zu schwacher Entwicklung zu gelangen (Eprouvettenversuche). Auf 1 % *Traubenzuckergelatine* konnte bisher *das beste Wachstum im Dunkeln* festgestellt werden, und zwar wächst die Alge unter diesen Verhältnissen mit *intensiv grüner Farbe*. Ähnlich wie bei den Diatomeen konnte bei der bakterienfrei gezogenen *Chlorella* in Gelatine-Schüttelkulturen mit den oben angegebenen Magnesiumsalzzusätzen eine Koloniebildung nur in der Nähe des Gelatinemeniskus beobachtet werden, was die *deutliche Abhängigkeit des Algenwachstums vom Gehalte des Substrates an freiem O* zeigt. Gegen *niedere Temperaturen* endlich erscheint die vom Verfasser bakterienfrei gezogene *Chlorella sehr widerstandsfähig*, da sie auch bei der im Winter im Arbeitsraume herrschenden Temperatur von 2—8 ° C vorzüglich gedieh.

26. Juni.

Das w. M. Hofrat *Franz Exner* legt vor: **Mitteilungen aus dem Institut für Radiumforschung. Nr. 124. Über den Ionenwind,** von *Victor F. Heß*. Wenn die Luft zwischen zwei Platten eines Kondensators ionisiert wird, so entsteht, sobald man ein elektrisches Feld anlegt, eine Luftbewegung. Diese Erscheinung, welche qualitativ bereits von *Zeleny* und von *Ratner* studiert worden ist, wird durch die Mitreißwirkung verursacht, welche die bewegten Ionen auf die umgebende Luft ausüben („Ionenwind"). Zur Messung des Winddruckes des Ionenwindes diente eine empfindliche Drehwage. Es wurde die Abhängigkeit des Windeffektes von allen Versuchsbedingungen studiert. Vf. entwickelt die Ansätze zu einer Theorie des Ionenwindes und gibt eine Formel an, nach welcher der beobachtete Winddruck als Funktion von Ionisierungsstärke, Feldstärke und der Differenz der mittleren, von den beiden Ionenarten unter Feldwirkung durchlaufenen Distanzen dargestellt wird. Nebenbei wird eine Methode entwickelt, welche durch Messung des Winddruckes bei Oberflächenionisation die Bestimmung der Ionenbeweglichkeit gestattet. Die Windmethode eignet sich sehr gut zur Aufnahme von Zerfallskurven radioaktiver Substanzen und zur Vergleichung α-strahlender Präparate (z. B. Polonium). Änderungen des Staubgehaltes der im Apparat befindlichen Luft bringen erhebliche Änderungen des Winddruckes hervor. Schließlich wurde die Drehwage im absoluten Maße geeicht und so der Winddruck des Ionenwindes eines Poloniumpräparats von bekannter Stärke in Dyn/cm³ ermittelt. Nach der Eiffelschen Windformel ließ sich daraus die Geschwindigkeit des Ionenwindes bei den gegebenen Versuchsbedingungen berechnen. Es wurde berechnet, daß nur ein kleiner Bruchteil der vom Feld auf die Fortbewegung der Ionen verwendeten Gesamtarbeit als kinetische Energie der mitgerissenen Luft an der Drehwage selbst nachweisbar ist. Der übrige Teil wird direkt in Wärme umgesetzt.

Das k. M. Prof. *Rich. Paltauf* legt eine Arbeit des Herrn Dr. *Fritz Silberstein* aus dem staatlichen Serotherapeutischen Institut vor, betitelt: **Gasbrand und malignes Ödem, bakteriologische, toxikologische und serologische Studien.** Diese Arbeit enthält die Resultate über die dem Institut zwecks Auffindung einer Serotherapie gegen die namentlich im Stellungskriege häufig beobachtete, als *„Gasbrand"*, auch als *„Gasentzündung"* bezeichnete und gefürchtete Wundinfektion. Hierzu war die Feststellung der Ätiologie notwendig. Aus den Friedenszeiten unterschieden wir zwei Infektionen durch Anaerobien, die eine wegen der starken Gasbildung als „Gasphlegmonie", die andere wegen des fortschreitenden Ödems bei mangelnder oder geringer Gasbildung als „malignes Ödem" bezeichnet. Gelegentlich eines Besuches der Sanitätsanstalten an der Isonzofront (Sommer 1916) brachte ich Kulturen der daselbst gezüchteten Anaeroben von Gasbrandinfektionen mit. Sie entsprechen nach der weiteren Untersuchung dem Bazillus der Gasphlegmone von *E. Fraenkel* und dem Ghon-Sachsschen Ödembazillus. Keiner der beiden genannten Erreger bildete auf den verschiedensten Nährböden antigene Gifte; die erzeugten Immunsera hatten nur eine beschränkte antiinfektiöse Wirkung und versagten am Krankenbette, wie es nach den Tierversuchen zu schließen war. Erst im Sommer 1917 gelang es Dr. *Zacherl* (kommandiert am Institut) in einem Falle und dann Dr. *Silberstein* in drei Fällen hier in Wien bisher nicht bekannte hochtoxische Stämme von der Art des Ödembazillus zu kultivieren, welche ein äußerst wirksames Gift in Bouillonkulturen produzieren, so daß nicht nur 0,001, sondern auch 0,0003 und 0,0001 cm³ keimfreien Filtrates eine für Kaninchen und Meerschweinchen tödliche Dose bei intravenöser Injektion bildeten. Nach einer 10- bis 12stündigen Inkubation wurden die Tiere unruhig, zeigten zunehmende Dyspnoe und gingen entweder plötzlich unter Krämpfen und Atemstillstand oder allmählich unter Lungenödem zugrunde. Die sofortige Obduktion ergab noch rhythmisch schlagendes Herz, hydropische Ergüsse in den Pleurahöhlen und im Herzbeutel, eventuell Lungenödem, dunkelrote Nebennieren. Die Erscheinungen sind bei der intraperitonealen oder subkutanen Injektion dieselben, nur entwickelt sich bei letzterer auch ein starkes lokales Ödem. Die Analyse der Giftwirkungen ergab, daß dasselbe keine Wirkung auf das Herz hat, daß es aber das Vasomotoren- und Atemzentrum lähmt. Außerdem erhöht das Gift die Durchlässigkeit der Gefäße, wie es das lokale Ödem und die hydropischen Ergüsse erweisen. Diese Giftwirkung deckt sich, respektive erklärt die von den Klinikern beschriebenen Erscheinungen, die Unruhe der Kranken, die große Atmung, die Blässe des Gesichtes und den hochfrequenten Puls, auch den plötzlichen Eintritt der schweren Erscheinungen. Dieses Gift ist ein Antigen, wie das Diphtherie- oder das Tetanusgift. Pferde, die höchst empfindlich auf die Infektion, wie die Intoxikation sind, ließen sich, nach dem es gelungen war, vollkommen sporenfrei Filtrate zu gewinnen, so hoch immunisieren, daß 0,01, die zehnfache Dos. let. des Giftes durch Bruchteile eines Milligramms, ja 0,001 und 0,0003 Milligram Serum neutralisiert wurde. Das Immunserum konnte noch bis zu 5 bis 6 Stunden nach der Giftinjektion vor der Vergiftung schützen, es gewährt auch einen ausgezeichneten Schutz gegen die Infektion mit Kultur- oder infektiöser Ödemflüssigkeit eines gefallenen Tieres, kann selbst noch mehrere Stunden nach der Infektion den tödlichen Ausgang verhindern. Das Serum ist spezifisch; es hat auf die Infektion mit dem E. Fränkelschen Bazillus gar keinen Einfluß, wohl aber auf die durch den Bac. *Ghon-Sachs*, welche mehr beeinflußt wird als durch das homologe Serum.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 20. (Seite 373—396) **14. Mai 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Die Brücke zwischen Chemie und Physik. Von *Max Born, Frankfurt a. M.* (Mit 7 Abbildungen.) S. 373.

Cholin als Hormon der Darmbewegung. Von *R. Magnus, Utrecht.* S. 383.

Besprechungen:

Dürken, Bernhard, Einführung in die Experimentalzoologie. Von *Horst Wachs, Rostock.* S. 388.

Roscoe, Sir Henry, Ein Leben der Arbeit, Erinnerungen. Von *H. v. Halban, Würzburg.* S. 389.

Lecher, E., Lehrbuch der Physik für Mediziner, Biologen und Psychologen. Von *F. B. Hofmann, Marburg.* S. 389.

Bauer, G., Die Helmholtzsche Wirbeltheorie für Ingenieure. Von *A. Betz, Göttingen.* S. 390.

Zuschriften an die Herausgeber:

Zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie an der Beobachtung. Von *M. v. Laue, Berlin.* (Mit 1 Tafel.) S. 390.

Die Bezeichnungsweise des Dezimalsystems angewandt auf prozentuale Verhältnisse, insbesondere Konzentrationsbezeichnungen (Milliprozent, Mikroprozent, Minimiprozent). Von *T. Thunberg, Lund.* S. 391.

Gesammelte Abhandlungen von Robert Bunsen. Von *A. Sieverts, Greifswald.* S. 393.

Nachtrag zu meinem Aufsatz: Betrachtungen zu Rutherfords Versuchen über die Zerspaltbarkeit des Stickstoffkerns. Von *W. Lenz, München.* S. 393.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:

Die muhammedanische Baukunst in Persien. S. 393.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner Zweigverein):

Über Probleme der meteorologischen Photometrie. S. 394.

Botanische Mitteilungen:

Die Zukunft des badischen Weinbaus. Über die Bedeutung der Art des Auftauens für die Erhaltung gefrorener Pflanzen. Über die Biologie der Sukkulenten. S. 394—395.

Astronomische Mitteilungen:

Asymptotische Satellitenbahnen in der Nähe der Lagrangeschen Dreieckspunkte. Nachrichten über verschiedene Veränderliche. Zwei Höhlennebel im Cepheus. Auffindung zweier neuer Sterne. S. 395—396.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Äther und Relativitätstheorie

Rede, gehalten am 5. Mai 1920 an der Reichs-Universität zu Leiden

Von

Albert Einstein

Preis M. 2.40

und Sortimentszuschlag

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 28.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.80.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

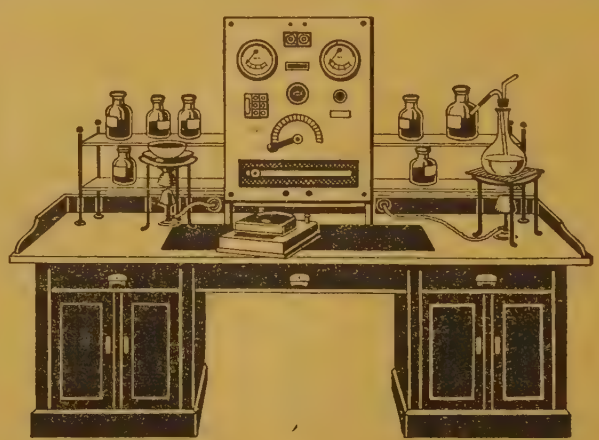
Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser, Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Siemens & Halske A.-G. Wernerwerk
SIEMENSSTADT BEI BERLIN



Experimentier- und Elektrolyse-Tische

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 14. Mai 1920. Heft 20.

Die Brücke zwischen Chemie und Physik.

Von M. Born, Frankfurt a. M.

1. Die Probleme der chemischen Affinitätslehre.

Die wichtigste Aufgabe der physikalischen Chemie ist die Bestimmung der Größe der chemischen Anziehungskräfte oder Affinitäten und die darauf gegründete Voraussage des Verlaufs von Reaktionen. Die Entwicklung dieses Forschungsgebietes zerfällt deutlich in Abschnitte, die mit den Fortschritten der Thermodynamik parallel sind (*1*)[1]).

Der *erste Abschnitt* wird gekennzeichnet durch die Anwendung des *1. Hauptsatzes der Wärmetheorie, des Satzes von der Erhaltung der Energie,* auf die chemischen Prozesse. *Berthelot* und *Thomsen* glaubten das Maß der Affinität in der *Wärmetönung* des Vorgangs entdeckt zu haben; *Berthelot* formulierte (1867) das Prinzip: „Jede chemische Umwandlung veranlaßt die Entstehung derjenigen Stoffe, bei deren Bildung sich die größte Wärmemenge entwickelt." Aber dieses Gesetz bewährte sich nicht; insbesondere konnte es nicht die große Klasse der endothermen Reaktionen erklären, bei denen keine Wärme frei wird, sondern die unter Absorption von Wärme verlaufen.

Der *nächste Abschnitt* der *Affinitätslehre* entspricht der Entwicklung des *2. Hauptsatzes der Wärmetheorie,* des *Satzes von der Entropie. Van't Hoff* (1883) erkannte, daß das richtige Maß der Affinität diejenige Arbeit ist, die im günstigsten Falle, nämlich bei umkehrbarer (reversibler) Führung des chemischen Prozesses (bei konstanter Temperatur) gewonnen werden kann. *Helmholtz* hat diese Arbeit *„freie Energie"* genannt; ihr Temperaturkoeffizient ist die Entropie. Die Definition *van't Hoffs* hat sich durchaus bewährt und ermöglichte die Vorausberechnung der chemischen Reaktionen in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur, dem Druck und anderen Umständen mit Hilfe einer geringen Zahl von Messungen. Diese sind — bis auf eine einzige — rein physikalischer Art, nämlich Bestimmungen von Wärmetönungen und von spezifischen Wärmen; die eine Ausnahme aber ist die: man muß für *eine* Temperatur die chemische Affinität selber durch Messung bestimmen, erst dann kann man sie durch Rechnung für alle anderen Temperaturen aus den Gesetzen der Thermodynamik ermitteln.

Die Aufgabe, chemische Messungen ganz auszuschalten und die Berechnung der Affinitäten auf rein physikalische Größen zurückzuführen, hat erst *Nernst* gelöst und damit den dritten Abschnitt in der Entwicklung der Thermochemie eingeleitet. Die Wichtigkeit des Nernstschen Theorems für die Praxis und seine Verknüpfung mit den letzten Prinzipien der Naturerkenntnis (Quantentheorie) rechtfertigen seine Bezeichnung als den *3. Hauptsatz der Wärmelehre*[1]). Der Nernstsche Gedanke ist der, daß die noch nötige Bestimmung der Affinität bei *einer* Temperatur durch einen allgemeinen Satz über das Verhalten bei ganz tiefen Temperaturen ersetzt wird. Nach allgemeinen thermodynamischen Prinzipien treffen sich beim absoluten Nullpunkte die Kurven, welche die Wärmetönung und die Affinität in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur darstellen; nach *Nernst* sollen sie sich überdies beim absoluten Nullpunkt berühren, d. h. für ganz tiefe Temperaturen soll das Berthelotsche Prinzip wieder zu Recht bestehen. Durch diese Bedingung ist dann der weitere Verlauf der Affinitätskurve für alle Temperaturen festgelegt.

Damit wäre nun in der Tat ein hohes Ziel erreicht: die Bestimmung der chemischen Prozesse mit Hilfe rein physikalischer Messungen. Es scheint eine Verschmelzung der Chemie mit der Physik erzielt zu sein, die nichts zu wünschen übrig läßt.

Und doch ist damit noch nicht diejenige Aufgabe gelöst, die dem Physiker als Ideal vorschweben muß: der Nachweis der Einheit aller physikalischen und chemischen Kräfte und ihre Zurückführung auf die Wechselwirkungen zwischen den elementaren Bausteinen der Materie, den Elektronen und Atomen bzw. Atomkernen[2]). Die heutige Physik besitzt bereits Bilder der Atome, die sicherlich bis zu einem gewissen Grade der Wahrheit sich annähern, und sie kann damit zahlreiche mechanische, elektrische, magnetische, optische Eigenschaften der Substanzen erklären. Sie darf nun vor den chemischen Eigenschaften nicht Halt machen und muß ver-

[1]) Eine schöne Übersicht über die Entwicklung der Thermochemie bis zum Nernstschen Theorem einschließlich hat kürzlich in dieser Zeitschrift Herr *J. Eggert* gegeben. (Die Naturw., 7, 883, 1919.) Die eingeklammerten Nummern (*kursiv*) beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Schlusse.

[1]) Man findet Näheres darüber in dem zit. Aufsatze von *Eggert.*

[2]) Vergl. den Aufsatz des Verfassers: Das Atom (Die Naturw. 8, 213, 1920).

suchen, auch diese auf die Atomkräfte, soweit sie bekannt sind, zurückzuführen. Das Nernstsche Theorem leistet hierfür die wertvollste Vorarbeit, indem es den verwickelten Komplex der chemischen Vorgänge auf eine Reihe einfacher Konstanten zurückführt. Aufgabe des Molekularphysikers ist es nun, diese Konstanten, die für den physikalischen Chemiker durch kalorimetrische und ähnliche Messungen bestimmbar sind, aus den Eigenschaften der Atome zu berechnen; damit beginnt ein neuer und unabsehbar großer Abschnitt der thermochemischen Forschung.

2. Die chemischen Elementargrößen.

Um nun zu überblicken, was auf diesem Gebiete schon geleistet ist und was noch der Erledigung harrt, wollen wir als typisches Beispiel eine Reaktion betrachten, bei der zwei einatomige Gase A und B sich zu dem Gase AB vereinigen:

$$A + B = AB.$$

Der umgekehrte Prozeß ist die Dissoziation des Stoffes AB in seine Bestandteile.

Beide Vorgänge führen zu einem Gleichgewichte, bei dem alle drei Stoffe mit ganz bestimmten Partialdrucken p_A, p_B, p_{AB} vorhanden sind; für dieses Gleichgewicht gilt das Massenwirkungsgesetz, wonach der Quotient

$$\frac{p_A\, p_B}{p_{AB}} = K_p \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1$$

bei gegebenem Gesamtdrucke p einen ganz bestimmten Wert hat, der nur noch von der absoluten Temperatur abhängt. Diese Temperaturfunktion läßt sich nun nach den 3 Hauptsätzen der Thermodynamik ermitteln, und zwar findet man

$$\log K_p = -\frac{Q_0}{RT} + \frac{c}{R}\log T + C, \quad \ldots \quad (2$$

wo R die absolute Gaskonstante (etwa 2 cal.) ist und Q_0, c, C drei Konstanten sind, die folgende Bedeutung haben:

1. Q_0 ist die Wärmetönung des Vorganges beim absoluten Nullpunkte, d. h. die Wärmemenge, die bei der Vereinigung von 1 Mol A und 1 Mol B zu 1 Mol AB bei ganz tiefen Temperaturen frei werden würde; Q_0 läßt sich also nur durch Extrapolation aus den bei höheren Temperaturen gemessenen Wärmetönungen finden.
2. c ist die algebraische Summe der spezifischen Wärmen (bei konstantem Drucke) der drei reagierenden Gase:
$$c = c_A + c_B - c_{AB}.$$
3. C ist die algebraische Summe der von *Nernst* sogenannten chemischen Konstanten der Gase:
$$C = C_A + C_B - C_{AB}.$$

Die chemische Konstante eines Gases hängt mit dem Sättigungsdrucke p zusammen, den das Gas im Gleichgewicht über seinem Kondensat hat. Dieser Druck p nimmt mit der Temperatur sehr schnell ab, und zwar gilt für tiefe Temperaturen die zu (2) ganz analog gebaute Formel

$$\log p = -\frac{\lambda_0}{RT} + \frac{\gamma}{R}\log T + C,$$

wo λ_0 der Grenzwert der Verdampfungswärme für abnehmende Temperaturen und γ ihr Temperaturkoeffizient ist ($\lambda = \lambda_0 + \gamma T$). Die hier auftretende Größe C ist die chemische Konstante des Gases. Sie läßt sich empirisch für jedes einzelne Gas durch Messungen des Sättigungsdruckes bestimmen.

Diese Zusammenstellung zeigt, daß die drei Konstanten Q_0, c, C prinzipiell meßbar sind, d. h. sich aus direkt meßbaren Größen zusammensetzen; damit ist auch die Konstante K_p des Massenwirkungsgesetzes auf rein physikalische Messungen zurückgeführt.

Jetzt aber beginnt die Aufgabe der Atomistik, die drei Konstanten Q_0, c, C bzw. ihre Bestandteile aus den Eigenschaften der Atome A und B vorherzusagen. Gelöst ist diese Aufgabe für c und C. Die spezifischen Wärmen der Gase sind durch die kinetische Gastheorie schon seit langem auf die einfachsten Eigenschaften der Gasatome zurückgeführt worden, nämlich auf die Anzahl von Bewegungsfreiheiten oder Freiheitsgraden, die das Atom besitzt. Ein einatomiges Gas hat z. B. 3 Freiheitsgrade, nämlich die Verschiebungsmöglichkeiten nach 3 zueinander senkrechten Richtungen; dann ergibt die kinetische Gastheorie für die spezifische Wärme bei konstantem Drucke den Wert $^5/_2\ R$. Man kann ganz allgemein behaupten, daß das Problem der atomistischen Berechnung der spezifischen Wärmen vollständig gelöst ist, übrigens nicht nur für Gase, sondern auch für feste Körper.

Auch die chemischen Konstanten C sind theoretisch einwandfrei berechenbar. Die ersten Ableitungen wurden von *Sackur* (*2*) und *Tetrode* (*3*) durchgeführt auf Grund quantentheoretischer Überlegungen, denen eine gewisse Willkür anhaftet. Sodann aber hat *O. Stern* (*4*) gezeigt, daß man durch ein völlig sicheres Verfahren, bei dem Thermodynamik und kinetische Theorie der Materie in sinnreicher Weise kombiniert werden, zu denselben Formeln für C gelangt. Obwohl die Größe C durch die oben angegebene Formel für den Sättigungsdruck definiert ist, hängt sie doch nicht vom Kondensat, sondern nur vom Gase ab, und zwar ist für ein einatomiges Gas:

$$C = \log \frac{(2\pi)^{3/2}\, R^{5/2}}{N^4\, h^3} + {}^3/_2 \log \mu,$$

wo μ, das Atomgewicht, die einzige für das Gas charakteristische Größe ist, während sonst nur universelle Konstanten vorkommen, nämlich außer der Gaskonstante R die Anzahl N der Molekeln im Mol (Avogadrosche Zahl) und die Plancksche Konstante h.

Bei mehratomigen Gasen gelten ähnliche Formeln, wobei noch die Trägheitsmomente der

Molekel und die Schwingungszahlen der Atome in der Molekel gegeneinander eingehen.

Jetzt bleibt noch die Größe Q_0 zu diskutieren. Hier liegt nun in der Tat für die Atomistik ein fundamentales Problem vor, von dessen allgemeiner Lösung wir noch weit entfernt sind. Doch sind in letzter Zeit einige viel versprechende Ansätze dazu gemacht worden, die vielleicht den Ausgangspunkt des letzten, vierten Abschnitts der Affinitätslehre bilden werden. Darüber will ich hier kurz berichten.

3. Die Bindungsenergie zweiatomiger Molekeln.

Die Wärmetönung beim absoluten Nullpunkte Q_0 kann man auch definieren als Differenz der potentiellen Energie[1]) der getrennten Atome A und B gegen die Molekel AB, oder als die Arbeit, die man aufwenden muß, um die Molekel in die Atome A und B zu zerreißen (natürlich multipliziert mit der Zahl N der Atome im Mol). Um sie zu berechnen, muß man also die Anziehungskräfte kennen, mit denen die Atome A und B aufeinander wirken. Leider ist aber unser Wissen über diese Kräfte sehr beschränkt; nur in einem Falle haben wir nähere Kenntnis über die Natur der Atomkräfte, und zwar bei denjenigen Substanzen, deren Molekeln leicht in Ionen spaltbar sind. Man nennt diese Verbindungen nach *Abegg* (5) *heteropolar;* Beispiele dafür sind die Salze vom Typus NaCl, die in die Ionen Na^+ und Cl^- zerfallen, oder die zugehörigen Säuren wie HCl, bei deren Zerfall statt des Metallions das H^+ auftritt. Verbindungen, die nicht diesen elektropolaren Charakter haben, heißen *homöopolar;* typische Vertreter dieser Art sind die elementaren Gase H_2, N_2, O_2, Cl_2 usw. oder Verbindungen wie BrJ, deren Bestandteile einander gleich oder äußerst ähnlich sind. Welcher Art die Kräfte sind, die die homöopolaren Verbindungen zusammenhalten, darüber hat man kaum mehr als Vermutungen. Dagegen liegt es nahe, anzunehmen, daß die Kräfte zwischen den Komponenten einer heteropolaren Verbindung elektrischer Natur sind. *Kossel*[2]) (6) hat diesen Gedanken systematisch durchgeführt und nachgewiesen, daß ein großer Teil der anorganischen Chemie dadurch physikalisch verständlich wird.

Die grundlegende Hypothese ist dabei die, daß die heteropolaren Molekeln eigentlich „Ionenverbindungen" sind, d. h. sie entstehen durch zwei aufeinander folgende Vorgänge: Zuerst tauschen die neutralen Atome ein Elektron (oder mehrere) aus und werden dadurch zu Ionen, sodann ziehen sich diese Ionen wegen ihrer entgegengesetzten Ladungen nach dem Coulombschen Gesetze der Elektrostatik an und lagern sich aneinander. Nur dieser zweite Vorgang wird also mit bekannten physikalischen Kräften gedeutet; der erste ist vorläufig theoretisch nur in den wenigen Ausnahmefällen faßbar, wo man ein gut fundiertes Atommodell zur Verfügung hat[1]) (wie beim neutralen H-Atom und dem He^+-Ion). Wir wollen nun annehmen, daß als Ausgangsmaterial 1 Mol positive Ionen, etwa H^+, und 1 Mol negative Ionen, etwa Cl^-, beide Arten in unendlicher Verdünnung (als „Ionengase"), gegeben seien und wollen die Wärmetönung bei der Vereinigung dieser zu 1 Mol Molekeln (HCl-Gas) auf Grund der Kosselschen Hypothese berechnen. Um das Anziehungsgesetz zu veranschaulichen, denken wir uns etwa das Cl^--Ion festgehalten und entwerfen ein Diagramm (Fig. 1), in dem die Entfernung r des H^+-Ions vom Cl^--Ion die Abszisse und die potentielle Energie φ der elektrischen Anziehung zwischen beiden die Ordinate ist. Die Ionenladung sei e. Nach dem Coulombschen Gesetze wird φ durch die gleichseitige Hyperbel

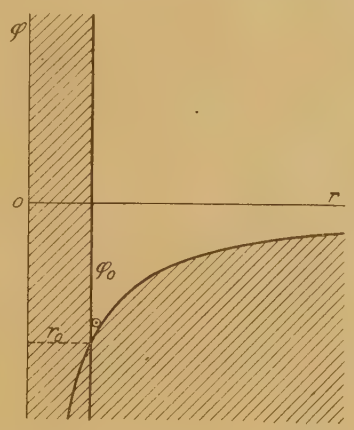


Fig. 1. Zur Veranschaulichung des Anziehungsgesetzes $\varphi = -\frac{e^2}{r}$; $r > r_0$.

$$\varphi = -\frac{e^2}{r} \quad \ldots\ldots \quad (3$$

dargestellt, die ganz unterhalb der Abszissenachse verläuft. Man kann sich die Wirkung dieser potentiellen Energie dadurch klar machen, daß man sich das H^+-Ion als unendlich kleine Kugel vorstellt, die auf der φ-Hyperbel wie auf einer Rutschbahn rollt; dann wird die Kugel offenbar auf das Cl^--Ion zu rollen, bis sie durch dessen Volumen aufgehalten wird. Ist dieses eine Kugel vom Radius r_0, so entspricht ihm in unserer Figur eine Parallele zur Achse $r = 0$, im Abstande r_0, die das rollende H^+-Ion nicht überschreiten darf; es wird daher im Schnittpunkt dieser Geraden mit der Hyperbel liegen bleiben, und die Ordinate dieses Punktes φ_0 ist die bei

[1]) Wärmemengen, Energie- und Arbeitsbeträge rechnen wir als Größen derselben Art und messen sie in kg-cal., wobei die mechanischen Größen durch Division mit dem Wärmeäquivalent umzurechnen sind.

[2]) *Kossel* hat über seine Theorie kürzlich in dieser Zeitschrift Bericht erstattet, in dem Aufsatze: Über die physikalische Natur der Valenzkräfte. Die Naturwiss., 7, S. 339, 1919.

[1]) Vgl. das unten im Abschnitt 6 Gesagte.

der Vereinigung der beiden Ionen nach außen abgegebene Energie (Wärme). Man hat also

$$\varphi_0 = -\frac{e^2}{r_0}. \quad \ldots \ldots \quad (4$$

Nun ist aber dieses Bild der Atomkräfte noch zu roh; denn es ist nicht anzunehmen, daß die Ionen sich wie unendlich harte Kugeln verhalten, sonst müßten ja die aus ihnen gebildeten Flüssigkeiten oder festen Körper (wie NaCl usw.) vollständig inkompressibel sein. Statt der starren Schale wird man also lieber eine Abstoßungskraft annehmen, die bei großen Entfernungen verschwindend klein ist, aber nicht unendlich schnell ansteigt. Dafür legt die Analogie mit der Coulombschen Kraft den Ansatz für die potentielle Energie

$$\varphi = +\frac{\beta}{r^n} \quad \ldots \ldots \quad (5$$

nahe, wo β und n Konstanten sind. Das ist eine hyperbelartige Kurve (Fig. 2), die oberhalb der

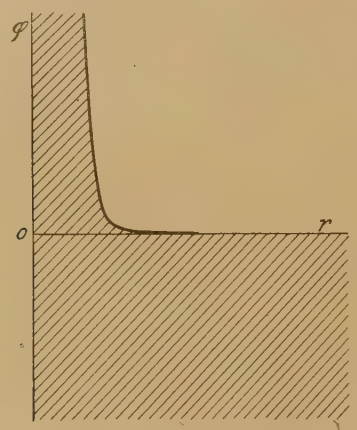


Fig. 2. Zur Veranschaulichung des Abstoßungsgesetzes $\varphi = \frac{\beta}{r^n}$.

Abszissenachse verläuft und um so schneller ansteigt, je größer der Exponent n ist. Stellen wir diese Kurve wieder als Rutschbahn vor, so wird die darauf gelegte H^+-Kugel ins Unendliche fortrollen, wodurch der Charakter der Abstoßungskraft anschaulich wird.

In Wirklichkeit werden Anziehung und Abstoßung sich überlagern; die potentielle Energie wird durch die Formel

$$\varphi = -\frac{e^2}{r} + \frac{\beta}{r^n} \quad \ldots \ldots \quad (6$$

dargestellt sein, deren Bild man erhält, indem man die Ordinaten der beiden einzelnen (gestrichelten) Kurven (Fig. 3) algebraisch addiert. Es entsteht die ausgezogene Kurve, die an einer bestimmten Stelle ein Minimum hat; dort wird die darauf gelegte H^+-Kugel im Gleichgewichte liegen bleiben, mit der Abszisse r_0 und der Ordinate φ_0. Nach den Regeln der Differentialrechnung findet man zwischen diesen die Beziehung

$$\varphi_0 = -\frac{e^2}{r_0}\left(1 - \frac{1}{n}\right). \quad \ldots \quad (7$$

Die erste, primitive Formel (4) ist also um den Faktor $1 - \frac{1}{n}$ zu verbessern.

Um diese Formel (7) für die Bindungsenergie anwenden zu können, müßte sowohl r_0 wie n bekannt sein. Nun weiß man aber bei Gasmolekeln wie HCl von n gar nichts, und vom Gleichgewichtsabstande r_0 der verbundenen Ionen hat man nur rohe Schätzungen.

Daher ist die Theorie in dieser Form noch nicht zu gebrauchen. Ein Fortschritt über *Kossels* Gedanken in quantitativer Richtung war erst möglich, als die skizzierten Überlegungen auf die aus Ionen aufgebauten Kristalle übertragen wurden (7).

4. *Die Energie der Kristallgitter.*

An Stelle der Säuren (HCl) wird man die zugehörigen Alkalisalze (NaCl) betrachten, die als

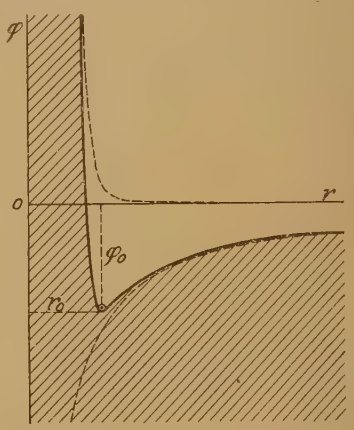


Fig. 3. Zur Veranschaulichung der gegenseitigen Überlagerung von Anziehung und Abstoßung $\varphi = -\frac{e^2}{r} + \frac{\beta}{r^n}$.

reguläre Kristalle mit wohlbekannter Gitterstruktur vorkommen. Man weiß, daß das Gitter aus den Ionen (Na^+ und Cl^-) schachbrettartig (Fig. 4) aufgebaut ist[1]), und man hat zahlreiche Gründe anzunehmen, daß die Kohäsionskräfte, die das Gitter zusammenhalten, vollkommen wesensgleich sind mit den chemischen Kräften, die etwa im Dampfe des Salzes die Molekel (NaCl) zusammenhalten. Zwischen irgend zwei Ionen wird also eine potentielle Energie derselben Art (6) bestehen, wie wir sie oben für die beiden Ionen einer HCl-Molekel angesetzt haben, nämlich ein Ausdruck von der Form:

$$\varphi = \pm\frac{e^2}{r} + \frac{\beta}{r^n},$$

wobei nur zu beachten ist, daß gleichnamige Ionen (Na^+, Na^+ oder Cl^-, Cl^-) sich abstoßen, also im ersten, elektrostatischen Gliede das positive Vorzeichen zu nehmen ist, während bei ungleich-

[1]) Vergl. *M. Born*, Vom mechanischen Äther zur elektrischen Materie, diese Zeitschrift, 7, S. 136, 1919.

namigen Ionen (Na^+ Cl^-) wieder das negative Zeichen (Anziehung) gilt. Da immer benachbarte Ionen von verschiedener Art sind, wird das erste Glied in Summa ein Kontraktionsbestreben geben; das zweite Glied stellt dann die entgegenwirkende Kraft dar, die das Zusammenstürzen der Ionen verhindert.

Nun erwächst die mathematische Aufgabe, aus der Wirkung je zweier Ionen aufeinander die potentielle Energie des ganzen Gitters zu berechnen. Man sieht leicht ein, daß die Lösung die Form haben muß

$$\Phi = -\frac{a}{\delta} + \frac{b}{\delta^n}, \quad \ldots \quad (8$$

wo δ die Gitterkonstante, d. h. der Abstand eines Ions vom nächsten gleichen Ion auf der Würfelkante (Fig. 4) ist, und a, b Konstanten sind, die durch den Summationsprozeß aus e^2 und β entstehen. *E. Madelung* (*8*) hat ein einfaches Verfahren angegeben, um die Konstante a des elektrostatischen Gliedes zu berechnen; sie wird

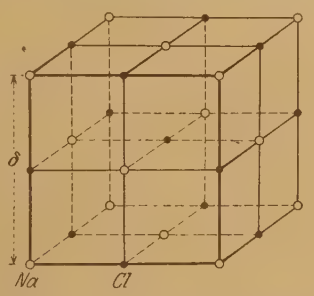


Fig. 4. Das Kristallgitter des Kochsalzes; ○ Natriumionen, • Chlorionen.

natürlich mit e^2 proportional und hängt nur von der Struktur des Gitters ab. Für die Gitter vom Typus des NaCl ergibt sich z. B.

$$a = 13{,}94\ e^2, \quad \ldots \quad (9$$

wenn Φ die potentielle Energie pro Elementarwürfel (mit der Kante δ) bedeutet.

Man sieht nun, daß Φ von δ in genau derselben Weise abhängt, wie vorher φ von r (Formel 6); daher kann man alle Überlegungen mutatis mutandis auf den Fall des Gitters übertragen. Insbesondere findet man folgende Beziehung zwischen dem Gleichgewichtswerte δ_0 der Gitterkonstanten und der zugehörigen Energie pro Elementarwürfel, vergl. Formel (7):

$$\Phi_0 = -\frac{a}{\delta_0}\left(1 - \frac{1}{n}\right). \quad \ldots \quad (10$$

Jetzt ist man aber in der Lage, mit dieser Formel etwas anzufangen. Denn die Gitterkonstante δ_0 für den Kristall in seinem natürlichen, undeformierten Zustande ist genau bekannt; sind μ_+ und μ_- die Atomgewichte der beiden Ionenarten, so ist $\frac{\mu_+ + \mu_-}{N}$ die Masse einer Molekel (Na Cl), und da der Elementarwürfel deren 4 enthält (s. Fig. 4), so ist die in diesem Würfel enthaltene Masse

$$\frac{4\,(\mu_+ + \mu_-)}{N} = \varrho\,\delta_0^3, \quad \ldots \quad (11$$

wo ϱ die Dichte des Kristalles ist. Daraus kann man δ_0 berechnen.

Aber auch der Exponent n läßt sich scharf bestimmen; denn er hängt offenbar mit der Steilheit der Abstoßungskurve (Fig. 2) zusammen. Denken wir noch einmal an das Bild mit der Kugel auf der Rutschbahn; wenn wir die Kugel aus der Gleichgewichtslage (Fig. 3) nach dem andern Ion hin verschieben, müssen wir sie den steilen Anstieg heraufbefördern, den die Figur zeigt, und der offenbar von n abhängt. Beim Kristall entspricht diesem Prozesse eine Verkleinerung der Gitterkonstanten, also eine Kompression. Man erkennt so, daß der Exponent n mit der Kompressibilität $\varkappa$ des Kristalls eng verknüpft sein wird; in der Tat liefert die Rechnung die Formel:

$$\varkappa = \frac{9\,\delta_0^4}{a\,(n-1)}, \quad \ldots \quad (12$$

aus der man n bestimmen kann, wenn $\varkappa$ durch die Messung bekannt ist.

Es hat sich nun ergeben[1]), daß für alle Alkalihalogensalze des Typus NaCl mit genügender Annäherung

$$n = 9$$

gesetzt werden darf.

Damit ist nun alles bekannt, was zur Berechnung der Energie U erforderlich ist, die ein Mol eines solchen Salzes bei der Bildung aus den Ionen (als Wärme) abgibt (*9*). Man bekommt U aus Φ_0 durch Multiplikation mit $-N/4$, weil der Elementarwürfel 4 Ionenpaare (Molekel) enthält:

$$U = -\frac{Na}{4\,\delta_0}\left(1 - \frac{1}{n}\right); \quad \ldots \quad (13$$

setzt man hier die Werte für a und δ_0 aus (9) und (11) sowie die bekannten Zahlenwerte für die Avogadrosche Zahl N und das elektrische Elementarquantum e ein, so findet man

$$U = 545\sqrt[3]{\frac{\varrho}{\mu_+ + \mu_-}}\ \text{kg-cal.} \quad \ldots \quad (14$$

Indem man hier für verschiedene Salze die Atomgewichte der Elemente und die Dichten der Salzkristalle einsetzt, erhält man ihre Bildungswärme aus den Ionen. (Diese beziehen sich auf den absoluten Nullpunkt der Temperatur, da die Ionen in ihren Gleichgewichtslagen als ruhend angenommen sind.) Leider sind diese Größen U nicht direkt einzeln meßbar. Es gibt aber verschiedene Wege, sie mit beobachtbaren Wärmetönungen und anderen Energiegrößen in Beziehung zu setzen.

5. *Reaktionen zwischen binären Salzen.*

Zunächst wird man solche chemische Prozesse heranziehen, die sich als Austausch von Ionen auffassen lassen, ohne daß sonst dabei irgend

[1]) Vergl. den S. 376 zit. Bericht des Verfassers.

etwas geschieht; die Wärmetönung eines solchen Prozesses muß sich additiv aus den entsprechenden U-Werten zusammensetzen (*9*). Betrachten wir z. B. die Umsetzung

$$Na\,Cl + K\,J = Na\,J + K\,Cl, \quad . \quad . \quad . \quad (15$$

so kann man diese so vorgenommen denken: Zunächst werden je 1 Mol der festen Kristalle NaCl und KJ in ihre freien Ionen Na^+, K^+, Cl^-, J^- zerlegt, wozu die Arbeit $U_{NaCl} + U_{KJ}$ aufgewandt werden muß; aus den freien Ionen Na^+, K^+, Cl^-, J^- werden dann je 1 Mol der Kristalle NaJ und KCl aufgebaut, wobei die Energie $U_{NaJ} + U_{KCl}$ frei wird. Die im ganzen frei werdende Wärme, die meßbare Wärmetönung, ist also

$$Q = U_{NaJ} + U_{KCl} - U_{NaCl} - U_{KJ}. \quad . \quad (16$$

Die Prüfung der Theorie auf diesem Wege ist nur möglich, wenn sowohl die U-Werte, als auch der Wert von Q recht genau bekannt sind; denn die Summen $U_{NaJ} + U_{KCl}$ und $U_{NaCl} + U_{KJ}$ sind nahezu gleich, ihre Differenz also durch die Ungenauigkeiten der U-Werte relativ stark belastet. Berechnet man die Q-Werte aus den Bildungswärmen der einzelnen Kristalle, wie ich zuerst versucht habe (*9*), so werden diese aus demselben Grunde sehr ungenau. Herr *Fajans* (*10*) hat eine wesentliche Verbesserung der Genauigkeit von Q dadurch erreicht, daß er Q auf dem Umwege über die Lösungswärmen berechnet hat, die sich scharf bestimmen lassen. Man denke sich die Verwandlung von NaCl und KJ in NaJ und KCl so vorgenommen: Zunächst werden die Salze NaCl und KJ in viel Wasser aufgelöst, wobei die Lösungswärme (pro Mol) $L_{NaCl} + L_{KJ}$ frei wird. In der Lösung sind die Salze vollständig dissoziiert, die Ionen Na^+, K^+, Cl^-, J^- vollkommen frei; die Auflösung der beiden Salze KCl und NaJ würde also genau dieselbe Lösung geben, wobei die Wärme $L_{KCl} + L_{NaJ}$ frei würde. Schafft man also die Ionen aus der Lösung heraus und setzt sie zu den Kristallen KCl und NaJ zusammen, so muß man die Energie $-(L_{KCl} + L_{NaJ})$ aufwenden. Bei der Verwandlung des einen Salzpaares in das andere auf dem Umwege über die Lösung wird also im ganzen die Wärme

$$Q = L_{NaCl} + L_{KJ} - L_{KCl} - L_{NaJ} \quad . \quad . \quad (17$$

frei. Mit Hilfe dieser Formel (17) hat Herr *Fajans* Q aus den bekannten Lösungswärmen berechnet und mit dem theoretischen Werte (16), der aus der Gittertheorie stammt, verglichen. Die folgende Tabelle zeigt das Ergebnis:

Tabelle 1.

Reaktion	Q aus der Gittertheorie	Q aus den Lösungswärmen
$KCl + LiBr = KBr + LiCl$	4	3,6
$KCl + LiJ = KJ + LiCl$	7	7,2
$KCl + NaBr = KBr + NaCl$	3	2,0
$KCl + NaJ = KJ + NaCl$	5	3,4

Die Übereinstimmung ermutigt dazu, die Theorie weiter zu verfolgen.

6. *Die Ionisierungsenergie der positiven Ionen.*

Dann wird es aber notwendig, außer der *Ionenvereinigung* auch noch den Prozeß der *Ionenbildung* näher zu untersuchen. Die Theorie des Vorgangs der Elektronenabspaltung, also der Bildung positiver Ionen, steht etwa auf derselben Stufe der Entwicklung wie die eben dargestellte Theorie der Ionenvereinigung. Wie bei dieser die Vereinigungswärme U nicht vollständig aus den Eigenschaften der Atome oder Ionen erschlossen werden konnte, sondern Messungen der Dichte und der Kompressibilität herangezogen werden mußten, so kann man auch (bis auf wenige Ausnahmefälle) die Abtrennungsarbeit eines Elektrons vom Atom nicht rein rechnerisch aus dessen Konstitution herleiten, aber man kann sie auf optische Messungen zurückführen, die eine hohe Genauigkeit zulassen. Dieser fundamentale Zusammenhang ist durch die Untersuchungen von *Franck* und *Hertz* (*11*) zu Tage gefördert worden und beruht theoretisch auf den Vorstellungen über die Konstitution der Atome, die *Niels Bohr* (*12*) entwickelt hat.

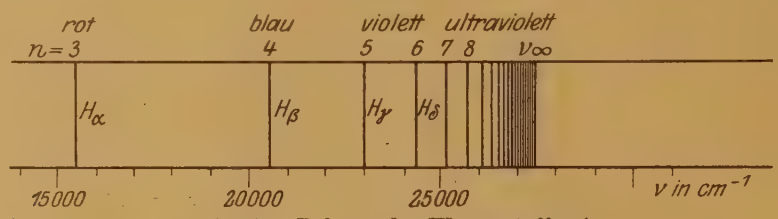


Fig. 5. Balmersche Wasserstoffserie.

Bekanntlich lassen sich die Linienspektren der Elemente nach Serien anordnen, deren Schwingungszahlen Gesetzen von folgender Form gehorchen:

$$\nu_n = \nu_\infty - f(n); \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (18$$

dabei ist n die Nummer der Serienlinie und $f(n)$ eine Funktion, die für wachsende n sich der Null nähert. Die Linien der Serie häufen sich also gegen die „Seriengrenze" ν_∞ an. Für die bekannte Balmersche Serie des Wasserstoffs ist z. B.

$$\nu_n = \nu_\infty - \frac{K}{n^2}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19$$

wo $K = 3{,}291 \cdot 10^{15}\ sec^{-1}$ die sogenannte Rydbergsche Konstante und $\nu_\infty = {}^1/_4 K$ ist. Fig. 5 zeigt diese Serie; man sieht, wie die Linien im Ultravioletten immer näher aneinanderrücken und an der Seriengrenze ν_∞ sich anhäufen.

Diese Gesetzmäßigkeit deutet nun *Bohr* in folgender Weise: Wie in der klassischen Elektrodynamik nimmt er an, daß der Energieaustausch zwischen dem Atom und der Strahlung durch ein Elektron vermittelt wird, das wir das „optische Elektron" nennen wollen. Aber im Gegensatz zu allen Lehren der klassischen Theorie soll das Atom eine Reihe von „stationären" Zuständen besitzen, bei denen das Elektron ohne Ausstrahlung von Energie auf bestimmten Bahnen kreist. Die Energien dieser Zustände sind um endliche Beträge verschieden. Man mißt sie am besten durch die Arbeit W, die notwendig ist, um das optische Elektron vom Atom loszureißen und in unendlicher Entfernung zur Ruhe zu bringen; rechnet man die Energie des Atoms in diesem „ionisierten Zustand" gleich Null, so ist sie in einem andern stationären Zustand gleich $-W$. Wie gesagt, soll das Atom in den stationären Zuständen keine Energie ausstrahlen; wenn es aber von einem der stationären Zustände Z' zu einem andern Z übergeht, so soll eine Strahlungsabsorption oder -emission stattfinden, je nachdem der Arbeitsaufwand $W' - W$ positiv oder negativ ist.

Für das Gesetz dieser Ausstrahlung kann nun *Bohr* natürlich nicht die Regeln der klassischen Elektrodynamik gelten lassen, sondern er zieht die *Plancksche Quantentheorie*[1]) (*13*) heran, wonach zwischen der Frequenz ν einer Strahlung und ihrer Energie E die Beziehung besteht:

$$h\nu = E; \quad \ldots \ldots \quad (20$$

dabei ist h die von *Planck* entdeckte universelle Konstante, deren Wert ist:

$$h = 6{,}55 \cdot 10^{-27} \text{ erg sec.} \quad \ldots \ldots \quad (21$$

Dementsprechend behauptet *Bohr*, daß der Übergang vom Zustande Z' zum Zustande Z, für den die Abtrennungsarbeit W größer ist als die W' des Zustandes Z', mit der Emission einer Frequenz ν verknüpft ist nach der Formel

$$h\nu = W - W', \quad \ldots \ldots \quad (22$$

und daß der umgekehrte Übergang nur durch Absorption von Strahlung der Frequenz ν hervorgerufen werden kann. Nimmt man nun für Z' der Reihe nach die Zustände $Z_1, Z_2, \ldots$ und läßt das System aus diesen in ein und denselben Endzustand Z übergehen, dessen Energie natürlich kleiner sein muß als die aller Ausgangszustände (also W größer als alle W_n), so erhält man die Frequenzen

$$\nu = \frac{1}{h}(W - W_n), \quad \ldots \ldots \quad (23$$

und diese Formel wird mit dem Seriengesetze (18) identisch, wenn man setzt:

$$W = h\nu_\infty, \quad W_n = hf(n). \quad \ldots \quad (24$$

Die Glieder der Serienformel liefern also direkt durch Multiplikation mit der Planckschen Konstanten h die Abtrennungsarbeiten des Elektrons, die die einzelnen stationären Zustände charakterisieren.

Insbesondere ist durch die Seriengrenze ν_∞ die Abtrennungsarbeit für die Endbahn des optischen Elektrons bestimmt, auf die es bei der Emission aller Linien einer Serie zurückspringt. Die Endbahn kann irgend eine stationäre Bahn des Atoms sein; für jede solche Endbahn erhält man dann eine andere Serie mit anderer Grenze. Das Auftreten dieser Serien hängt von den Erregungsbedingungen ab; es ist anders in Flammen, anders in Geißlerschen Röhren, anders in Funken. Denn damit eine Bahn häufig als Endbahn auftritt, muß durch äußere Energiezufuhr, durch elektrische Entladungen, Temperaturerhöhung oder Lichtabsorption erreicht werden, daß ein beträchtlicher Teil der Atome sich im Mittel in dem Zustande befindet, bei dem das Elektron auf dieser Endbahn läuft.

Wenn aber gar keine äußere Energiezufuhr stattfindet, so befindet sich das optische Elektron auf derjenigen Bahn, die dem normalen, unerregten Zustande des Atoms entspricht; absorbiert es in diesem Zustande, so entsteht eine Serie, deren Grenze ν_∞ durch Multiplikation mit h die Lostrennungsarbeit des Elektrons aus dem unerregten Atome liefert; das ist aber die *Ionisierungsarbeit*. Damit ist ein fundamentaler Zusammenhang aufgedeckt:

Die Ionisierungsarbeit J erhält man aus der Formel

$$J = h\nu_\infty, \quad \ldots \ldots \quad (25$$

wo ν_∞ die Grenze der Serie ist, die das Atom im natürlichen, unerregten Zustande absorbiert.

Dieses Gesetz ist nun durch die Arbeiten von *Franck* und *Hertz* (*11*) und ihrer Nachfolger glänzend bestätigt worden. Die direkte Messung der Ionisierungsarbeit beruht darauf, daß man einen Strahl von Elektronen von bestimmter Geschwindigkeit in das Gas schickt und feststellt, wieviele davon und mit welcher Endgeschwindigkeit die Gasschicht passieren. Ist das Gas elektropositiv (Edelgas, Metalldampf), so verlaufen die Zusammenstöße der Elektronen mit den Atomen elastisch, solange die Elektronengeschwindigkeit unter einer bestimmten Schwelle bleibt, nämlich ihre kinetische Energie unterhalb der Differenz

$$W - W_1 = h\nu_1,$$

die die Arbeit darstellt, die bei der Absorption der ersten Linie der Absorptionsserie aufgebraucht wird. Sobald die Elektronen diese Energie erreicht haben, geben sie sie bei dem Zusammenstoß an die Atome ab, die sie dann als Lichtemission wieder verlieren. Diese Tatsache wurde von *Franck* und *Hertz* zuerst an der Quecksilberlinie 2536 A festgestellt (*14*). Entsprechendes wiederholt sich bei den Energiebeträgen, die den andern Serienlinien ent-

[1]) Eine Übersicht über die Plancksche Quantentheorie vermittelt das Planck-Heft dieser Zeitschrift, *6*, Heft 17, S. 195—263, 1918.

sprechen, allerdings in so abgeschwächtem Maße, daß eine Beobachtung kaum möglich ist. Deutlich aber tritt der Energieverlust der bombardierenden Elektronen bei derjenigen Geschwindigkeit hervor, die zur vollständigen Ionisierung des Atoms nötig ist. Man mißt diese Ionisierungsenergie durch die Angabe derjenigen elektrischen Spannung in Volt, die das Elektron frei durchlaufen muß, um die zur Ionisierung nötige Endgeschwindigkeit zu erreichen. Die *Ionisierungsspannungen* sind mit dieser Methode des Elektronenstoßes für viele Elemente gemessen worden, und immer hat sich das Gesetz (25) bestätigt. Da aber die Seriengrenzen mit außerordentlicher Genauigkeit bekannt sind, die weit über das elektrisch Erreichbare hinausgeht, so hat man damit eine optische Präzisionsmessung der Ionisierungsarbeiten elektropositiver Elemente. In der folgenden Tabelle sind für die Alkalimetalle die Frequenzen ν_∞ (in cm Lichtweg) und die daraus berechneten Ionisierungsarbeiten J pro Mol (in kg-Kal.) zusammengestellt.

Tabelle 2.

Element	ν_∞	J
Li	43 484	123,0
Na	41 445	117,0
K	35 006	99,0
Rb	33 685	95,1
Cs	31 407	88,6

Diese Werte J treten neben die Gitterenergien U als gleichberechtigte thermochemische Fundamentalgrößen. Man wird nun nach solchen chemischen Reaktionen suchen, deren Wärmetönung durch diese beiden Größenarten U und J allein bestimmt ist. Das ist der Fall bei Prozessen wie

$$NaCl + K = KCl + Na, \quad . \quad . \quad . \quad (26$$

wenn man dabei die Metalle K und Na im Dampfzustande gegeben denkt. Denn die Wärmetönung ist offenbar

$$Q = U_{KCl} - U_{NaCl} + J_{Na} - J_K \quad . \quad . \quad (27$$

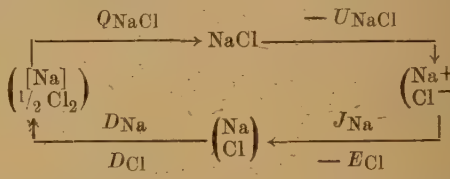
Sie läßt andrerseits sich aus der gemessenen Wärmetönung der zwischen den festen Metallen und den Salzen ablaufenden Reaktion und den Verdampfungswärmen der Metalle bestimmen, und dadurch kann man die Theorie prüfen (*9*).

7. *Die Elektronenaffinität der elektronegativen Atome.*

Zu derselben Prüfung gelangt man aber auch auf einem Umwege, der zugleich die dritte Fundamentalgröße der Thermochemie in die Betrachtung einführt, nämlich die bei der Bildung der negativen Ionen auftretende Energie. Man darf auf Grund zahlreicher chemischer Erfahrungen, die *Kossel* (*6*) in ein durchsichtiges System gebracht hat, vermuten, daß die Anlagerung eines Elektrons an das Atom eines elektronegativen Elements, z. B. an ein Halogenatom, mit Energieabgabe verbunden ist; das negative Ion ist also stabiler als das neutrale Atom, das letztere besitzt eine *Affinität zum Elektron*. Als Maß der *Elektronenaffinität* hat die Arbeit E zu gelten, die nötig ist, um das Elektron dem Ion zu entreißen.

Leider kennt man kein Verfahren, um die Elektronenaffinitäten der elektronegativen Elemente direkt zu messen oder aus Vorstellungen über den Atombau zu berechnen. Daher wird man umgekehrt versuchen müssen, mit Hilfe der Gitterenergie U der Salze und der Ionisierungswärmen J der Metalle die Elektronenaffinitäten E zu bestimmen (*15*) (*16*). Ergeben sich dabei etwa für E_{Cl} aus verschiedenen Cl-Salzen (wie NaCl, KCl, . . .) dieselben Werte, so ist damit zugleich, wie leicht zu sehen, eine Bestätigung der Formel (27) gewonnen.

Die Bestimmung von E gelingt mit Hilfe der Bildungswärmen der Salze aus den Elementen. Man übersieht dies am besten an der Hand des folgenden Kreisprozesses:



... (28

Dabei denken wir uns etwa 1 Mol festes NaCl in die freien Ionen Na^+ und Cl^- zerlegt, diese durch Austausch des Elektrons in die neutralen Atome Na und Cl verwandelt, dann den Na-Dampf zu festem [Na] kondensiert und je 2 Cl-Atome zu ½ Mol Cl_2-Molekeln verbunden; von hier aus gelangt man dann zu dem NaCl unter Gewinnung der Reaktionswärme Q_{NaCl} zurück. Bei jedem Übergange ist die dabei frei werdende Energie angeschrieben; außer den schon definierten Bezeichnungen sind noch die Zeichen D_{Na} für die Verdampfungswärme des Metalls und D_{Cl} für die Dissoziationswärme von ½ Mol des Cl_2-Gases in 1 Mol Cl-Atome gebraucht. Man liest nun aus dem Kreisprozesse ab, daß

$$Q_{NaCl} - U_{NaCl} + J_{Na} - E_{Cl} + D_{Na} + D_{Cl} = 0 \quad (29$$

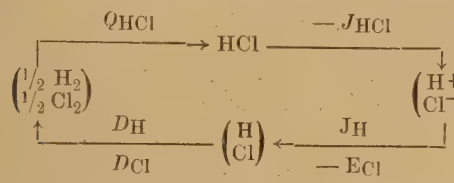
ist. Hier ist alles bekannt, außer E_{Cl}; man kann diese Größe also aus den andern berechnen. Geht man statt vom Na-Salze von einem andern Alkalisalze des Chlor aus, so erhält man mehrere unabhängige Bestimmungen von E_{Cl}, die innerhalb der Messungsgenauigkeit der einzelnen Daten übereinstimmen müssen. Die Durchrechnung hat nun ergeben, daß das in der Tat der Fall ist, und darin liegt eine Bestätigung der Theorie. Die Mittelwerte der einzelnen Bestimmungen der Elektronenaffinitäten sind (in kg-cal.):

$$E_{Cl} = 119, \quad E_{Br} = 84, \quad E_J = 77. \quad . \quad . \quad (30$$

Entsprechend allen chemischen Erfahrungen nehmen die Werte mit wachsendem Atomgewichte ab.

8. *Die Ionisierungsenergie der Halogenwasserstoffe.*

Wir kommen nun zum Schlusse auf das Problem der gasförmigen Halogenwasserstoffe zurück, das den Ausgangspunkt unserer Betrachtungen über die Vereinigungsenergie der Ionen gebildet hat (*15*) (*16*). Wir haben nämlich jetzt alle Daten, um diese zu bestimmen; wir bezeichnen die bei der Aneinanderlagerung eines Mols H^+-Ionen und eines Mols Cl^--Ionen zu HCl-Molekeln frei werdende Energie mit J_{HCl}. Sodann haben wir den folgenden Kreisprozeß:



(31)

Das Schema ist wohl ohne weiteres verständlich. Doch muß ein Wort über die Ionisierungsenergie J_H des H-Atoms gesagt werden; denn diese ist nicht direkt durch Messungen gewonnen, sondern mit Hilfe der Bohrschen Atomtheorie berechnet. Das H-Atom gehört zu den wenigen Fällen, bei denen die Bohrsche Theorie die Bahnen des optischen Elektrons vollständig beherrscht; denn dieses Elektron ist das einzige, das überhaupt um den positiven Atomkern umläuft und bewegt sich daher unter dem Einfluß der Coulombschen Anziehung des Kernes auf Kreisen oder Ellipsen nach genau denselben Keplerschen Gesetzen, wie die Planeten um die Sonne. Allerdings sind nicht alle Keplerschen Ellipsen möglich, sondern durch eine der Planckschen Quantentheorie entlehnte Bedingung wird eine bestimmte Reihe ausgesondert, und diese Bahnen sind die „stationären Zustände" des Atoms. Die Energie der n-ten Bahn hat den Betrag

$$W_n = \frac{K\,h}{n^2}, \quad \ldots\ldots \quad (32$$

wo K die schon oben erwähnte Rydbergsche und h die Plancksche Konstante ist. Es können also die Serien

$$\nu_n = K\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad \ldots\ldots \quad (33$$

auftreten, deren Grenzen die Schwingungszahlen

$$\nu_\infty = \frac{K}{m^2} \quad \ldots\ldots \quad (34$$

haben; unter diesen befindet sich die schon oben erwähnte Balmersche Serie (19), die man für $m = 2$ erhält, bei deren Emission also das Elektron von der n-ten Bahn auf die zweite zurückspringt.

Dem unerregten Zustande des H-Atoms entspricht die erste Bahn, für die $\nu_\infty = K$, also die Ionisierungsarbeit $J = hK$ ist. Daraus ergibt sich die Ionisierungsenergie eines Mols H-Atome zu

$$J_H = NhK = 310 \text{ kg-cal}. \quad \ldots \quad (35$$

Diese Zahl ist es, die in unserem Kreisprozesse (31) benützt ist. Alle anderen darin vorkommenden Energiewerte außer J_{HCl} sind bekannt, teils durch Messung, teils, wie E_{Cl}, durch die vorher mitgeteilte Theorie (Formel 30); man kann also J_{HCl} aus der Gleichung

$$J_{HCl} = Q_{HCl} + D_H + D_{Cl} + J_H - E_{Cl} \quad . \quad (36$$

berechnen. So findet man (in kg-cal.)

$$J_{HCl} = 320, \; J_{HBr} = 311, \; J_{HJ} = 302. \quad . \quad (37$$

Es ist sehr merkwürdig, daß diese Größen nicht nur untereinander fast gleich herauskommen, sondern auch fast gleich sind mit der Ionisierungsspannung des H-Atoms, für die wir soeben aus der Bohrschen Theorie den Wert $J_H = 310$ kg-cal. (Formel 35) gefunden haben. Die Ablösung eines negativen Ions wie Cl^-, Br^-, J^- vom H^+-Ion erfordert also nahezu ebensoviel Energie wie die Ablösung eines Elektrons vom H^+-Ion. Auf die Wichtigkeit dieses Zusammenhangs für die Erkenntnis des Baus der Atome hat Herr *Haber* (*17*) zuerst aufmerksam gemacht.

Das gefundene Ergebnis ist eine Vorhersage von Größen, die der direkten Messung zugänglich sind. Denn man kann die Halogenwasserstoffmolekeln gerade so durch Elektronenstoß in ihre Ionen spalten, wie etwa ein Metallatom in das positive Metallion und ein Elektron. Wenn es gelänge, auf diesem Wege die theoretisch vorausberechneten Werte (37) zu bestätigen, so könnte man umgekehrt aus den gemessenen Werten die Wärmetönung Q der Halogenwasserstoffe berechnen und hätte dann zum ersten Male die chemische Fundamentalgröße, die Wärmetönung beim absoluten Nullpunkt, für eine Gasreaktion theoretisch bestimmt. Dies ist der erste Schritt in das Gebiet, das wir als den vierten Abschnitt der physikalischen Chemie bezeichnet haben.

9. *Die Verdampfungswärme der einwertigen Metalle.*

Wenn wir uns nun umsehen, wohin die nächsten Schritte führen, so müssen wir eine sehr interessante Arbeit *Habers* (*18*) erwähnen, der die Verdampfungswärme D von einwertigen Metallen, also die Energie eines typisch homöopolaren Prozesses, mit Hilfe der Gitterenergie berechnet hat; das gelingt ihm dadurch, daß er sich das feste Metall gerade so aus positiven Metallionen und Elektronen konstituiert denkt, wie die Salze vom Typus NaCl aus positiven Metallionen und negativen Halogenionen. Dann kann man den Prozeß der Verdampfung zerlegen in die heteropolare Reaktion der Auflösung des Gitters in positive Ionen und Elektronen und darauf folgende Wiedervereinigung dieser zu neutralen Metallatomen. Man setzt also

$$D = U - J,$$

wo U die Gitterenergie und J die Ionisierungsspannung des Metalls ist. Zur Berechnung von U ist noch die Kenntnis des Abstoßungsexponenten n erforderlich; diesen gewinnt man, wie bei den Salzen, mit Hilfe der Kompressibilität,

doch findet man nicht durchweg $n = 9$, sondern verschiedene Werte, für die Alkalien zwischen 2,5 und 3,5, für Kupfer 8,0, für Silber 9,0. Die mit diesen n-Werten berechneten Energien U geben, vermindert um J, Verdampfungswärmen D, die mit den beobachteten in ausgezeichneter Übereinstimmung sind.

Mag man auch manche Einwände gegen die Habersche Hypothese der Metallstruktur vorbringen können, so scheint sie doch einen starken Kern an Wahrheit zu enthalten.

10. Ausblick.

Auch in anderer Richtung ist die Theorie im Ausbau begriffen. So bemüht sich besonders *Fajans* (*19*) darum, aus ihr genauere Kenntnisse über die Größe, Energie und Beweglichkeit der Ionen in wässerigen Lösungen zu schöpfen.

Von physikalischer Seite her läßt sich die elektrostatische Auffassung der Gitterenergie U dadurch stützen, daß man andere physikalische Eigenschaften der Kristalle mit Hilfe derselben Voraussetzungen über die Atomkräfte berechnet.

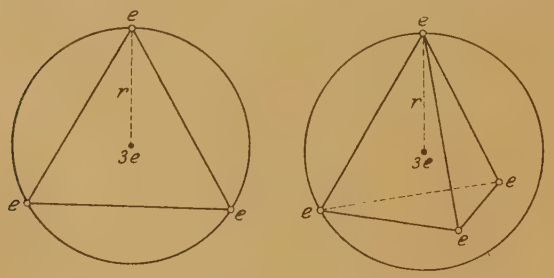


Fig. 6 und 7.
Zur Veranschaulichung des Begriffes der Elektronenaffinität.

Auch dabei habe ich in einigen Fällen gute Übereinstimmungen erhalten (*20*), in andern Fällen deutliche Hinweise, wie die Theorie zu verfeinern ist (*21*). Außer den Kristallen der Halogenalkalisalze sind noch Flußspat (CaF_2) und Zinkblende (ZnS) genauer untersucht worden; die dabei gewonnenen Ergebnisse sind für die Thermochemie zweiwertiger Elemente wichtig. So konnte gezeigt werden, daß das Schwefelatom eine Affinität zu 2 Elektronen vom Betrage $E = 50$ *kg-cal.* hat (*22*).

Für das Problem des Atombaus ist die Bestimmung der Elektronenaffinität der Halogenatome von größtem Werte. Es scheint auf den ersten Blick unmöglich, mit rein elektrischen Kräften ein Atom zu konstruieren, das im neutralen Zustande weniger stabil ist als nach Aufnahme eines Elektrons. Aber *Kossel* (*6*) hat, allerdings in anderem Zusammenhange, gezeigt, daß so etwas doch denkbar ist. Um ein Beispiel zu geben, so stellen wir uns als rohes Bild des Atoms eine starre Kugel vom Radius r und der positiven Ladung $3e$ vor; führen wir dieser Elektronen zu (die wir punktförmig annehmen), so werden diese sich in regulären Figuren auf der Kugeloberfläche anlagern. 3 Elektronen, die dem neutralen Atom zukommen, bilden ein gleichseitiges Dreieck (Fig. 6); 4 Elektronen, die dem negativen einwertigen Ion zukommen, bilden ein reguläres Tetraeder (Fig. 7). Nun ergibt sich leicht aus den Figuren für die elektrostatische Energie dieser beiden Konfigurationen:

$$\varphi_3 = -\frac{e^2}{r}(9 - \sqrt{3}) = -\frac{e^2}{r}\,7{,}269,$$

$$\varphi_4 = -\frac{e^2}{r}\left(12 - \frac{3\sqrt{3}}{\sqrt{2}}\right) = -\frac{e^2}{r}\,9{,}326.$$

Es ist also $\varphi_4 < \varphi_3$, d. h. das Ion ist stabiler als das neutrale Atom.

Natürlich hat dieses Modell im übrigen keinen Anspruch auf Naturtreue, aber es erläutert den Begriff der Elektronenaffinität in anschaulicher Weise. Von der Bohrschen Atomtheorie müssen wir die richtige Lösung des Problems erwarten.

Überblicken wir den zurückgelegten Weg, so wird uns bewußt, daß er noch nicht tief in das gewaltige Reich der Chemie eindringt; aber er läßt doch bereits in der Ferne die Pässe sichtbar werden, die die Physik überschreiten muß, will sie die Nachbarwissenschaft ihren Gesetzen unterwerfen.

Literatur.

1) *J. Eggert*, Die Naturwissenschaften *7*, S. 883, 1919.
2) *O. Sackur*, Nernst-Festschrift S. 405, 1912; Ann. d. Phys. *40*, S. 67, 1913.
3) *H. Tetrode*, Ann. d. Phys. *38*, S. 434, 1912; *39*, Seite 255, 1912.
4) *O. Stern*, Phys. Z. *14*, S. 629, 1913; Ztschr. für Elektrochemie *25*, S. 66, 1919.
5) *R. Abegg*, Ztschr. f. anorg. Chem. *50*, S. 309, 310, 1906.
6) *W. Kossel*, Ann. d. Phys. (4), *49*, S. 229, 1916; Die Naturwissenschaften *7*, S. 339, 1919.
7) *M. Born* und *A. Landé*, Verh. d. D. Phys. Ges. *20*, S. 210, 1918.
8) *E. Madelung*, Phys. Z. *19*, S. 524, 1918.
9) *M. Born*, Verh. d. D. phys. Ges. *21*, S. 13, 1919.
10) *K. Fajans*, Verh. d. D. phys. Ges. *21*, S. 539, 1919.
11) *J. Franck* und *G. Hertz*, Verh. d. D. Phys. Ges. *13*, S. 967, 1911; *14*, S. 167, 1912; *15*, S. 34, 373, 613, 929, 1913; *16*, S. 12, 457, 1914. — Zusammenfassende Darstellungen mit Literaturübersicht: Physik. Z. *17*, S. 409, 430, 1916; *20*, S. 132, 1919.
12) *N. Bohr*, Phil. Mag., Ser. 6, Vol. *26*, S. 1, 476, 1913.
13) *M. Planck*, Vorles. über die Theorie der Wärmestrahlung (Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1913). Eine Übersicht über den heutigen Stand der Quantentheorie bietet das Planckheft der Naturwissenschaften *6*, Heft 17, S. 195, 1918.
14) *J. Franck* und *G. Hertz*, Verh. d. D. Phys. Ges. *16*, S. 512, 1914.
15) *M. Born*, Verh. d. D. phys. Ges. *21*, S. 679, 1919.
16) *K. Fajans*, Verh. d. D. phys. Ges. *21*, S. 714, 723, 1919.
17) *F. Haber*, Verh. d. D. phys. Ges. *21*, S. 750, 1919.
18) *F. Haber*, Sitzungsber. d. Preuß. Akad. d. Wiss. *30*, S. 506, 1919.
19) *K. Fajans*, Verh. d. D. phys. Ges. *21*, S. 549, 709, 1919.
20) *M. Born*, Verh. d. D. phys. Ges. *21*, S. 533, 1919.
21) *M. Born* und *E. Bormann*, Verh. d. D. phys. Ges. *21*, S. 733, 1919.
22) *M. Born* und *E. Bormann*, Z. f. Phys. *1*, S. 250, 1920.

Cholin als Hormon der Darmbewegung[1]).

Von R. Magnus, Utrecht.

Durch die Untersuchungen von *Pawlow* (1) und *Cannon* (2) wissen wir, wie außerordentlich verwickelt und zweckmäßig die Bewegungen des Magendarmkanals bei der Verdauung ablaufen. Dabei hat sich herausgestellt, daß der Magendarmkanal seine Bewegungen in nahezu normaler Weise leisten kann, auch wenn alle seine nervösen Verbindungen mit dem Zentralnervensystem durchtrennt sind. Damit stimmt die alte Erfahrung, daß der isolierte Darm nach der Herausnahme aus dem Körper seine Bewegungen noch ausführen kann. Am besten kann man dieses studieren, wenn man z. B. eine Darmschlinge in einer geeigneten Salzlösung (nach *Ringer* oder *Tyrode*) bei Sauerstoffzufuhr und Körpertemperatur aufhängt und mit einem Schreibhebel verbindet, so daß man die Kontraktionen der Längs- oder Ringmuskulatur graphisch aufzeichnen kann (3).

Es ist gelungen, alle diese anscheinend sehr verwickelten Bewegungen zurückzuführen auf zwei verschiedene Typen: *Pendelbewegungen* und *Peristaltik* (4). Die *Pendelbewegungen* sind regelmäßige, rhythmische Kontraktionen der glatten Muskulatur des Darmes, durch welche der Darminhalt sehr gleichmäßig durchgemischt und mit den Verdauungssäften in Berührung gebracht, und durch welche eine sehr ausgiebige Resorption des Darminhaltes gewährleistet wird; es sind dieses rhythmische Mischbewegungen des Darminhaltes. Im Gegensatz hierzu unterscheiden wir die *Peristaltik*, durch welche der Darminhalt über große Strecken fortbewegt werden kann. Wenn sich an einer Stelle des Darmes eine Inhaltsmasse befindet, so wird durch deren Reiz ein verwickelter Reflex ausgelöst, welcher zu einer Kontraktion der Darmmuskulatur magenwärts von der Inhaltsmasse und zu Erschlaffung afterwärts von derselben führt. Hierdurch kommt es zu einer Verschiebung des Inhalts nach dem After zu, an der neuen Aufenthaltsstelle der Inhaltsmasse kommt es zur Auslösung desselben Reflexes und so kann der Darminhalt über große Strecken verschoben werden.

Es hat sich nun herausgestellt, daß für diese beiden Formen der Darmbewegung die Anwesenheit des Darmnervensystems, und zwar des Auerbachschen *Plexus* notwendig ist (5). Der Auerbachsche Plexus ist ein Nervengeflecht, welches sich zwischen den beiden Muskelschichten des Darmes, der Längs- und Ringmuskulatur, ausbreitet und aus Nervennetzen und Anhäufungen von Nervenzellen besteht. Wenn man die Längs- und die Ringmuskulatur voneinander trennt, wie man die Blätter eines Buches voneinander entfernt, so bleibt der Auerbachsche Plexus mit großer Vollständigkeit an der Innenfläche der Längsmuskulatur hängen, so daß man bei guter Präparation die Ringmuskulatur ohne Nervenzentren und die Längsmuskulatur mit Nervenzentren erhält. Das Studium der physiologischen Eigenschaften dieser Muskelschichten hat ergeben, daß die *Darmmuskulatur ohne Zentren* sich gerade so verhält, wie wir das von anderen zentrenlosen glatten Muskeln wissen; sie verharrt in Ruhe, führt auf einen Reiz eine einzelne kräftige Kontraktion aus, um darauf wieder in Ruhe zu bleiben, sie ist tetanisierbar, zeigt Superposition bei wiederholtem Reiz und unterscheidet sich in ihrem Verhalten grundsätzlich von Muskelpräparaten, welche Zentren besitzen. *Muskelpräparate mit Zentren* zeigen im Gegensatz dazu rhythmische Spontanbewegungen, refraktäre Periode und andere Eigenschaften, von denen wir wissen, daß sie durch Nervenzentren bedingt sind. Es ergibt sich somit, daß die physiologischen Eigenschaften der Darmmuskulatur weitgehend von dem motorischen Darmnervensystem, dem Auerbachschen Plexus, bedingt sind.

Wir müssen nun hier die Frage erörtern, *wie überhaupt unter dem Einflusse von Nervenzentren rhythmische Bewegungen zustande kommen können.* Dieses geschieht entweder dadurch, daß in die Nervenzentren *sensibele Erregungen auf dem Wege der Gefühlsnerven* eindringen. Diese Erregungen können dann entweder *rhythmisch* sein und dann sind die von den Zentren ausgelösten rhythmischen Bewegungen entweder hiermit synchron, oder sie sind nicht synchron und haben also einen anderen Rhythmus. Es ist aber auch möglich, daß die Reize, welche die Nervenzentren treffen, nicht rhythmisch, sondern sensibele, auf dem Wege der Gefühlsnerven zugeleitete *Dauer*reize sind. In diesem Falle muß das Zentrum die Eigenschaft haben, Dauererregungen in rhythmische Entladungen umzusetzen. Es ist dieses möglich durch eine Eigenschaft der Zentren, welche wir als refraktäre Periode bezeichnen. Wenn nämlich unter dem Einfluß der Dauererregung eine rhythmische Entladung stattgefunden hat, wird das Zentrum für von außen zufließende Reize eine Zeitlang unerregbar, und erst wenn es sich wieder erholt hat, kann es zu einer neuen Entladung kommen. Auf diese Weise können Dauerreize zum Auftreten von rhythmischen Entladungen und damit von rhythmischen Bewegungen führen.

Die nervösen Zentren können aber auch auf andere Weise zu rhythmischen Entladungen veranlaßt werden, nämlich durch *chemische Erregungen,* welche natürlich als Dauerreize einwirken. Bisher ist eigentlich nur ein einziger Fall genauer bekannt geworden, daß unter physiologischen Bedingungen ein nervöses Zentrum durch chemische Reize zu rhythmischer Tätigkeit veranlaßt wird. Es ist dieses das *Atemzentrum,* welches durch den Kohlensäuregehalt des Blutes

[1]) Nach einem am 2. Februar 1920 im Bataafsch Genootschap voor proefondervindelyke wysbegeerte zu Rotterdam gehaltenen Vortrag.

oder, genauer gesagt, durch die Wasserstoffionenkonzentration des Blutes erregt wird. Dieser Dauerreiz führt dann zu den rhythmischen Entladungen, welche die Atmungsbewegung veranlassen. Durch die im nachstehenden zu schildernden Untersuchungen ist nun ein zweiter derartiger Fall aufgeklärt worden: es hat sich nämlich herausgestellt, daß *auch die rhythmischen Darmbewegungen auf eine chemische Erregung zurückgeführt werden müssen.*

Schon bei den früheren Untersuchungen hatte sich gezeigt, daß die rhythmischen Pendelbewegungen unverändert weitergehen, wenn man die innere oder äußere Oberfläche des Darmes entfernt bzw. zerstört. Man kann die Schleimhaut des Darmes entfernen, man kann die seröse Oberfläche zerstören, ohne daß die rhythmischen Bewegungen dadurch gestört werden. Es ergab sich aus diesen Beobachtungen, daß die rhythmischen Darmbewegungen unabhängig sind von nervösen Reizen, welche an den beiden Oberflächen des Darmes angreifen, und es hatte sich schon daraus die Schlußfolgerung ergeben, daß höchstwahrscheinlich die Nervenzentren des Darmes oder die Darmwand in ihrem eigenen Stoffwechsel Stoffe produzieren, welche imstande sind, den Auerbachschen Plexus zu erregen. Es war jedoch nicht möglich gewesen, diese Schlußfolgerung weiter zu präzisieren.

Nun machte vor einigen Jahren Dr. *Weiland* im pharmakologischen Institut in Utrecht eine zufällige Beobachtung, welche den Ausgangspunkt für die im nachstehenden zu schildernden Untersuchungen bildete (6). Er konnte nämlich feststellen, daß wenn man eine Darmschlinge längere Zeit in Ringerscher oder Tyrodescher Salzlösung aufhängt, dann diese Salzlösung die Fähigkeit bekommt, die Bewegung einer anderen Darmschlinge in der Salzlösung zu erregen, m. a. W., es mußte beim Aufenthalt eines Stückes Darmes in Salzlösung *ein Stoff aus ihr heraus in die Flüssigkeit diffundieren, welcher die Eigenschaft hat, die Darmbewegung zu erregen.* Die Darmwand enthält also eine Substanz, welche als Reizmittel für ihre eigenen Bewegungen funktioniert. Die nähere Untersuchung dieser Erscheinung durch *Weiland* ergab, daß die darmerregende Substanz auch vom Darme abgegeben wird, wenn der Darminhalt und die Schleimhaut ausgeschlossen werden, und daß sie von der Serosaoberfläche aus durch Diffusion in die Außenflüssigkeit übertritt.

Der Stoff ist kochbeständig, alkohollöslich, läßt sich durch Phosphor-Wolframsäure fällen und wirkt in den in Betracht kommenden Mengen nicht auf die Muskulatur, sondern auf den Auerbachschen Plexus erregend. Die Reizwirkung läßt sich durch eine sehr kleine Menge Atropin antagonistisch aufheben. Spritzt man die Salzlösung mit der erregenden Substanz bei einem Tier intravenös ein, so läßt sich eine beträchtliche Verstärkung der Bewegungen des Magens und Darmes auf dem Röntgenschirm wahrnehmen. Es ist damals nicht gelungen, die chemische Natur dieser Substanz festzustellen. Hierzu war es nötig, daß ein geschulter Chemiker die Untersuchung in die Hand nahm; *Dr. Le Heux* hat im pharmakologischen Institut in Utrecht in den letzten Jahren die Versuche fortgesetzt (7), und es ist ihm gelungen, die chemische Natur des Stoffes aufzuklären. Es wurde dabei so vorgegangen, daß die Salzlösung, in der sich ein Kaninchendarm längere Zeit befunden hatte, mit verschiedenen Fällungs- und Extraktionsmitteln behandelt wurde, so daß verschiedene Fraktionen entstanden, und daß bei dieser Bearbeitung fortwährend durch den physiologischen Versuch am isolierten Darme festgestellt wurde, ob und in welchem Ausmaße der gesuchte Stoff in die betreffende Fraktion übergegangen war. Auf diese Weise gelang es, sehr wirksame Fraktionen herzustellen.

Bei diesen Versuchen wurden die Lösungen gelegentlich mit Essigsäure behandelt bzw. mit Eisessig oder Essigsäureanhydrid eingedampft, und dabei wurde die Beobachtung gemacht, daß die Wirksamkeit der betreffenden Fraktion dadurch *ganz außerordentlich gesteigert wurde.* Diese Beobachtung leitete nun auf den richtigen Weg; es war nämlich durch die Untersuchungen von *Reid Hunt* (8) und von *Dale* (9) bekannt, daß die Wirksamkeit des *Cholins,* des bekannten Spaltungsproduktes von Lecithin, durch Acetylierung um das vielfache gesteigert wird. Als sich daher herausgestellt hatte, daß Behandeln mit Essigsäure die Wirksamkeit der Darmsubstanz um das Vielfache steigerte, ließ sich vermuten, *daß die gesuchte Substanz aus dem Darme Cholin sei.*

Tatsächlich hat nun die weitere Untersuchung mit aller Schärfe ergeben, daß Cholin der gesuchte Stoff ist und daß *vom überlebenden Darm an die Außenflüssigkeit Cholin in derartigen Mengen abgegeben wird, daß nach einer Stunde in der Außenflüssigkeit eines Kaninchendünndarmes etwa 3 mg Cholin gefunden werden.* Wenn man die Außenflüssigkeit quantitativ auf ihre erregende Wirkung auf den Dünndarm untersucht und danach aus ihr Cholin chemisch rein darstellt, so ergibt sich, daß mindestens $^3/_4$ der Gesamtwirkung in Form von chemisch reinem Cholin isoliert werden kann. Hierdurch wird es sicher, daß jedenfalls der größte Teil und wahrscheinlich die ganze Wirkung auf die Anwesenheit von Cholin in der Darmwand bzw. in der Außenflüssigkeit zurückgeführt werden muß.

Die Identität der aus der Außenflüssigkeit dargestellten wirksamen Substanz mit Cholin ergibt sich aus folgendem: Sie ist kochbeständig, alkohollöslich, fällbar durch Phosphor-Wolframsäure, nicht aber durch Silbernitrat und Baryt. In alkoholischer Lösung ist sie durch Sublimat

und Platinchlorid fällbar. Die Schmelzpunkte der Doppelsalze mit Quecksilber, Platin und Gold stimmen mit den Schmelzpunkten der entsprechenden aus reinem Cholin dargestellten Verbindungen überein, beim Mischversuch trat keine Erniedrigung des Schmelzpunktes ein. Ferner gab die Substanz sämtliche mikrochemischen Reaktionen des Cholins.

Auch die physiologische Wirkung auf Atmung, Blutdruck, Magen-Darm-Bewegungen und auf das isolierte Froschherz stimmten sowohl qualitativ wie quantitativ mit der des Cholins überein. Durch Acetylieren der aus der Außenflüssigkeit dargestellten Substanz ließ sich ihre physiologische Wirkung gerade so stark steigern, wie die des Cholins. Bei Untersuchung am Blutdruck des Kaninchens ergab sich eine Wirkungssteigerung von 4000—10 000-mal, bei Versuchen am isolierten Säugetierdarm 400—2500-mal, am isolierten Froschherzen von 5000—10 000-mal. Untersuchte man vergleichsweise die Wirkungssteigerung an ein und demselben Organ von reinem Cholin und von aus der Außenflüssigkeit dargestellter erregender Substanz, so ergaben sich quantitativ die gleichen Werte.

Aus allen diesen Tatsachen folgt, daß im lebenden Darm Cholin in diffusionsfähigem Zustande in solchen Mengen sich befindet, daß sie den Auerbachschen Plexus erregen müssen. Hierdurch ist also *eine der Bedingungen* für das Zustandekommen der rhythmischen Darmbewegungen und die Erregung des Auerbachschen Plexus gegeben. Man kann daher *Cholin als Hormon der Darmbewegung* bezeichnen[1]).

Auf Grund dieser Feststellung ergaben sich nun zahlreiche neue Fragestellungen; z. B. erhob sich die Frage, ob es nicht möglich sei, die bisher unerklärte Wirkungsweise verschiedener Gifte auf den Gehalt der Darmwand an Cholin zurückzuführen. So war es bisher nicht gelungen, die *Wirkungsweise des Atropins am Darme* so zu beherrschen, daß in allen Fällen der gewünschte Erfolg eintrat. In früheren Versuchen (10) hatte sich ergeben, daß Atropin am Katzendarm in kleinsten Dosen wirkungslos ist, daß mittlere Dosen den Auerbachschen Plexus erregen, und daß erst sehr große Mengen, wie sie während des Lebens nicht in Betracht kommen, die Darmbewegungen lähmen. Kurz darauf hatte *Unger* (11) im Breslauer pharmakologischen Institut gefunden, daß kleinste Atropindosen eine Hemmungswirkung besitzen, während mittlere Dosen die Darmbewegung erregen. Bei einer Nachprüfung konnte ich jedoch diesen Befund nicht bestätigen (12) und ebensowenig war es in Breslau möglich, dieselben Erscheinungen wieder hervorzurufen. Später dagegen erhielt ich in meinem Utrechter Laboratorium, als die Technik der Untersuchung des isolierten Darmes inzwischen wesentlich verbessert worden war (13), häufig mit kleinen Dosen Hemmungen, und schließlich ergaben sich auch häufig nach mittleren Dosen Hemmungswirkungen, und es wurde immer schwieriger, die ursprünglich beobachtete Erregung hervorzurufen. Auch andere Untersucher hatten das gleiche Ergebnis erzielt, nach wie vor aber war es unmöglich vorher zu sagen, ob im Einzelfalle Erregung oder Hemmung eintreten würde. Im allgemeinen hat sich herausgestellt, daß am intakten Tier die Hemmungswirkung, am isolierten Organ die Erregung leichter hervortritt. Bei der Katze sind Erregungen, beim Kaninchen Hemmungen häufiger, und bei ein und derselben Tierart unter denselben Versuchsbedingungen ist im allgemeinen die Erregungswirkung um so leichter hervorzurufen, je schlechter das Organ funktioniert, während unter günstigen Versuchsbedingungen Hemmungswirkung vorherrscht. Auch *Trendelenburg* (14), der diese Verhältnisse in letzter Zeit untersucht hat, ist zu ähnlichen Ergebnissen gekommen. Auch in seinen Versuchen war die Regellosigkeit in der Atropinwirkung deutlich. *Trendelenburg* hat nun angegeben, daß im Gegensatz zu Katze und Kaninchen beim Meerschweinchen die Hemmungswirkung des Atropins ausnahmslose Regel ist, und daß man bei diesem Tier niemals Erregungserscheinungen beobachtet.

Bisher sind alle Erklärungsversuche für diese Regellosigkeit vergeblich gewesen. Sie hängt nach den Feststellungen unseres Laboratoriums nicht ab von der verschiedenen Salzzusammensetzung der Nährflüssigkeit, noch von deren Wasserstoffionen-Konzentration (15). Im letzten Jahre hatten Versuche von *Liljestrand* (16) ergeben, daß auch die Beschaffenheit der Atropinpräparate keine Rolle spielt und daß es keinen Unterschied macht, ob dieselben mehr oder weniger optisch aktiv sind. Nachdem nun Cholin als normaler und wirksamer Bestandteil der Darmwand nachgewiesen worden war, erschien eine andere Erklärungsmöglichkeit gegeben. Cholin gehört pharmakologisch zur Pilocarpingruppe und ruft, wie schon oben erwähnt worden ist, eine Erregung des Darmes hervor, welche durch kleinste Atropinmengen antagonistisch aufgehoben werden können. Es ergab sich also hieraus die Hypothese, daß die wechselnde Atropinwirkung auf den Darm abhängig sein könnte vom wechselnden Cholingehalt des Darmes: ist der Darm arm an Cholin, dann tritt die ursprüngliche Atropinwirkung rein zutage, und diese äußert sich in einer Erregung des Auerbachschen Plexus durch mittlere Dosen; enthält dagegen die Darmwand größere Mengen von Cholin, welche den Auerbachschen Plexus erregen, so kann diese Erregungswirkung des Cholins durch kleinste Atropinmengen antagonistisch aufgehoben werden; an derartigen cholinreichen Därmen müssen also sowohl kleinste als auch mittlere Atropindosen Hem-

[1]) Als *Hormone* bezeichnet man im Stoffwechsel bestimmter Organe entstehende chemische Verbindungen, welche im Organismus physiologische Wirkungen entfalten (sog. Produkte der inneren Sekretion).

mungswirkung entfalten. Diese Erklärungsmöglichkeit ließ sich durch den Versuch prüfen.

Le Heux hat nun in der Tat zeigen können[17], daß es gelingt, *die Hemmungswirkung des Atropins durch Auswaschen des Darmes zu beseitigen.* In seinen Versuchen konnte er stets an *frischen* Kaninchendärmen in Tyrodescher Salzlösung eine *Hemmungswirkung* des Atropins durch kleinste und mittlere Dosen nachweisen. Wurde nun der Darm wiederholt mit stets gewechselter Tyrodescher Flüssigkeit ausgewaschen, so ließ sich schließlich ein Zustand erreichen, in welchem der Darm noch automatische Bewegungen ausführte, in dem aber kleinste und mittlere Atropinmengen *keine Hemmungswirkung* mehr besaßen, und statt dessen eine *Erregung* durch mittlere Atropindosen deutlich wurde. Wenn nun die Erklärung richtig war, daß diese veränderte Reaktionsweise mit der Abnahme des Cholingehaltes im Darme zusammenhängt, dann mußte es möglich sein, den ursprünglichen Zustand durch Zusatz von Cholin wieder hervorzurufen. Es hat sich herausgestellt, daß dieses in der Tat der Fall ist. Darmschlingen, welche nach dem Auswaschen nicht mehr mit Hemmung auf Atropin reagieren, sondern mit Erregung, *bekommen den ursprünglichen Zustand auf Zusatz von Cholin zur Außenflüssigkeit wieder zurück.*

Der Befund von *Trendelenburg* [18], daß der Darm des Meerschweinchens niemals Erregung auf Atropin zeigt, sondern stets Hemmung, gab nun die Möglichkeit, diese Erklärung weiter experimentell zu prüfen. War dieselbe richtig, dann mußte es möglich sein, auch am Meerschweinchendarm die Hemmungswirkung des Atropins durch Auswaschen zu beseitigen und statt dessen Erregungserscheinungen hervortreten zu lassen. Es ist tatsächlich nach den Versuchen von *Le Heux* möglich, dieses nachzuweisen. Die Versuchsanordnung war die gleiche wie die von *Trendelenburg;* es wurden die peristaltischen Wellen am Meerschweinchendarm untersucht, welche durch bestimmte Innendrucke hervorgerufen werden. Wurde eine kleine oder mittlere Atropindose zugefügt, so verschwanden in allen Versuchen die peristaltischen Reflexe (Hemmungswirkung). Wurde der Meerschweinchendarm dann wiederholt ausgewaschen, so ergab sich ein Zustand, in welchem die Hemmungswirkung des Atropins verschwand, und es nicht mehr gelang, weder durch kleinste noch durch mittlere Atropindosen die Peristaltik aufzuheben. Bei einzelnen Versuchen trat statt dessen die erregende Wirkung des Atropins hervor.

Damit war die ursprünglich aufgestellte Hypothese bewiesen: Die Grundwirkung des Atropins auf die Darmwand ist Erregung, welche am Auerbachschen Plexus angreift, und erst sehr große Atropinmengen führen zur Lähmung. *Enthält dagegen die Darmwand größere Mengen von Cholin, so wirken kleinste und mittlere Atropindosen jetzt antagonistisch, und statt der ursprünglichen Erregung kommt es zur Hemmung.* Auf diese Weise ist es möglich, *die wechselnde Wirkung des Atropins auf den verschiedenen Cholingehalt des Darmes zurückzuführen.* Damit stimmt, daß der Kaninchendarm mehr Cholin enthält als der Darm der Katze, und daß der Dünndarm des Meerschweinchens besonders cholinreich ist. Auch wird verständlich, warum die Erregungswirkung des Atropins um so deutlicher hervortritt, unter je schlechteren Bedingungen der Darm untersucht wird.

Auf diese Weise ist es also möglich, die wechselnde Wirkung eines Giftes auf ein Organ zurückzuführen auf seinen größeren oder kleineren Gehalt an einer chemischen bekannten Substanz.

Die Untersuchung über die physiologische Bedeutung des Cholins sind in letzter Zeit durch *Le Heux* fortgeführt worden, und wenn sie auch noch nicht vollständig zum Abschluß gebracht sind, kann doch schon einiges über die Ergebnisse vorläufig mitgeteilt werden.

Neukirch und *Rona* [19] haben mit der im Utrechter Institut ausgebildeten Technik eine ganze Reihe von organischen und anorganischen Natriumsalzen auf ihre Wirkung am isolierten Darm untersucht. Sie fanden, daß fast alle von ihnen geprüften Salze wirkungslos waren, daß dagegen *das essigsaure und das brenztraubensaure Natrium* die Darmbewegung erregt. Eine Erklärung für dieses merkwürdige Verhalten konnte bisher nicht gegeben werden. Auf Grund der in diesem Aufsatz geschilderten Resultate ließ sich die Frage stellen, ob die Reizwirkung des *essigsauren* Natriums nicht irgend etwas damit zu tun haben könnte, daß die Wirkung des Cholins durch *Acetylieren* gesteigert wird, m. a. W. ob nicht die Darmwand die Fähigkeit besitzt, beim Zusatz von Natriumacetat durch ein synthetisches Ferment Acetylcholin zu machen, und ob nicht die Reizwirkung des essigsauren Natrons auf dieser Bildung von Acetylcholin beruht. Diese Frage wurde von *Le Heux* experimentell geprüft. Er konnte zunächst die Angabe bestätigen, daß essigsaures und brenztraubensaures Natrium deutliche Erregungswirkung am Darme besitzen, daß dagegen weder Kochsalz noch propionsaures und bernsteinsaures Natrium den Darm erregen.

Daß der Essigsäureester des Cholins eine sehr viel stärkere Wirkung auf den Darm hat als das Cholin selber, ist bereits oben S. 384, Spalte 2, auseinandergesetzt: es tritt durch Acetylieren eine Wirkungssteigerung um das 400- bis 2500-fache ein. *Le Heux* hat dann weiter Cholin mit Brenztraubensäure verestert, was bisher nicht geschehen war, und hat festgestellt, daß dieser Ester eine etwa 50- bis 100-mal stärkere Wirkung auf den Darm besitzt als Cholin, daß im Gegensatz dazu aber der *Bernstein*säureester des Cholins keine verstärkte Wirkung hat, sondern quantitativ ebenso stark wirkt wie Cholin selber. Es ergibt sich also ein deutlicher Parallelismus mit der Wirkung der betreffenden Natriumsalze. Essigsaures und

brenztraubensaures Natrium erregen den Darm, bernsteinsaures Natrium nicht, und von den zugehörigen Estern besitzen der Essigsäure- und der Brenztraubensäureester eine verstärkte, der Bernsteinsäureester dagegen keine verstärkte Wirkung.

Wenn die oben auseinandergesetzte Arbeitshypothese wahr ist, dann mußte es möglich sein, die Reizwirkung des essigsauren und des brenztraubensauren Natriums durch Auswaschen des Darmes zum Verschwinden zu bringen. Wäscht man Kaninchendünndärme mit wiederholt gewechselter Salzlösung aus, so daß der Cholingehalt stark herabgesetzt wird, so läßt sich in der Tat ein Zustand erreichen, in dem weder mit essigsaurem noch mit brenztraubensaurem Natrium mehr eine Erregung der Darmbewegungen hervorgerufen werden kann. Um die Hypothese weiter zu beweisen, wäre es natürlich wünschenswert gewesen, zu zeigen, daß die Erregungswirkung der beiden genannten Natriumsalze durch Cholinzusatz zum Darme wieder zurückgebracht werden kann. Es hat sich aber herausgestellt, daß das in der Mehrzahl der Fälle nicht gelingt. Ist einmal der Darm soweit ausgewaschen, daß er auf essigsaures oder brenztraubensaures Natrium nicht mehr reagiert, dann kann man auch meistens durch Cholinzusatz die Wirkung nicht wieder zurückbringen. Eine mögliche Erklärung für dieses negative Versuchsergebnis ist, daß durch das Auswaschen eben nicht nur Cholin aus der Darmwand entfernt wird, sondern auch *noch andere Substanzen,* welche für die vermutete Synthese in der Darmwand notwendig sind, also in erster Linie das hypothetische synthetische Ferment. Wenn diese Annahme richtig ist, dann muß es möglich sein, die ursprüngliche reizende Wirkung von essigsaurem und von brenztraubensaurem Natrium, welche durch Cholinzusatz nicht wieder hergestellt werden kann, durch Zusatz von Waschwasser des Darmes (also der Flüssigkeit, in der sich der Dünndarm längere Zeit befunden hat, und in der sich außer dem Cholin noch das Ferment und andere aus dem Darm ausgewaschene Substanzen befinden) zurück zu bringen. Es ist dieses nun tatsächlich in einer Reihe von Versuchen gelungen. Wäscht man den Darm solange aus, bis er auf essigsaures oder brenztraubensaures Natrium nicht mehr mit Erregung antwortet, so kann man die Erregungswirkung wieder zurückbringen durch Zusatz von Salzlösung, in der sich der Darm, und zwar unter Umständen sogar dieselbe Darmschlinge, längere Zeit befunden hat. Es ist zu vermuten, daß hierbei das synthetische Ferment sich in der Außenflüssigkeit befindet. Um dieses zu beweisen, wurde nun die Außenflüssigkeit gekocht, und dabei stellte sich heraus, daß sie unwirksam wird. Es ist also zum mindesten sehr wahrscheinlich, daß es sich um ein Ferment handelt. Die Versuche werden zurzeit noch fortgesetzt, aber sie sind doch schon soweit durchgeführt, daß der Schluß erlaubt ist, *daß tatsächlich in der Darmwand ein synthetisches Ferment sich befindet, welches imstande ist, bei Zusatz von essigsaurem und brenztraubensaurem Natrium die betreffenden Cholinester zu machen, und daß die erregende Wirkung der beiden genannten Salze auf dem Entstehen der zugehörigen Cholinester beruht.* Wenn diese Anschauung richtig ist, dann *ist es hiermit zum erstenmal gelungen, als Angriffspunkt eines Giftes bzw. Arzneimittels in einem Organ oder Gewebe eine chemisch bekannte Substanz festzustellen.* Wir haben bisher immer in allgemeinen Ausdrücken von „Angriffspunkten", von „Giften im Gewebe", von „Chemorezeptoren" im Sinne von *Ehrlich,* und dergl. gesprochen; in diesem Falle ergibt sich *Cholin als Angriffspunkt bestimmter chemischer Stoffe,* welche auf die Darmbewegung einwirken können.

Die im vorstehenden geschilderten Untersuchungen geben uns eine neue Einsicht in die Tätigkeit der Nervenzentren und zeigen, wie auf Grund von chemischen Erregungen rhythmische Tätigkeit der glatten Muskulatur möglich wird. Wir haben weiter eine Erklärung für die scheinbar regellose Wirkung eines bestimmten Giftes (Atropin) auf den Darm bekommen, und es ist möglich gewesen, den Angriffspunkt von bestimmten Arzneimitteln im Organ chemisch zu definieren. Gleichzeitig haben wir nun für das schon längst als allgemeinen Gewebsbestandteil bekannte Cholin eine Funktion bekommen. In sämtlichen Zellen und Geweben befindet sich Lecithin, als dessen Spaltprodukt Cholin bekannt ist. Man wußte, daß einzelne Gewebe, wie z. B. die Nebennierenrinde, besonders cholinreich sind [19]; auch das Blut enthält Cholin [20]; man wußte ferner, daß Cholin physiologische Wirkungen besitzt, welche denen des Pilocarpins und Physostygmins ähnlich sind, Wirkungen, die sich u. a. in Erregung der glatten Muskulatur und Erregung von Drüsensekretionen äußern, und welche hauptsächlich an Organen angreifen, welche vom sogenannten parasympathischen Nervensystem innerviert werden. Es war aber bisher nicht möglich gewesen, für den normalen Cholingehalt des Körpers derartige Wirkungen während des Lebens festzustellen. Jetzt ist für ein Organ, für den Darm, gezeigt worden, daß sich in ihm während des Lebens Cholin in freiem Zustand in derartigen Mengen befindet, daß es physiologische Wirkungen entfalten muß, m. a. W. daß es ein während des Lebens wirksames Hormon darstellt.

An diese Feststellungen schließen sich nun natürlich zahlreiche neue Fragestellungen an, z. B. ob das Cholin oder ähnliche Substanzen sich auch in anderen Organen befinden und dort eine ähnliche Rolle spielen. Dr. *Engelhard* [21] hat an der Frauenklinik in Utrecht Versuche am Uterus angestellt und zeigen können, daß der Uterus an Salzlösungen eine Substanz abgibt, welche kochbeständig und alkohollöslich und imstande ist, die Uterusbewegungen zu erregen; es ist aber bis-

her nicht untersucht worden, ob es sich hierbei um Cholin oder um eine andere Substanz handelt. Jedenfalls zeigt das Mitgeteilte, daß sich hier ein neues Gebiet für die Forschung eröffnet, welches noch zahlreiche wichtige Ergebnisse zu zeitigen verspricht.

Literatur.

1. *J. P. Pawlow,* Die Arbeit der Verdauungsdrüsen, Wiesbaden 1898.
2. *W. B. Cannon,* The mechanical factors of digestion, London 1911.
3. *R. Magnus,* Pflügers Arch. *102,* 123, 1904.
4. *W. M. Bayliss* u. *E. H. Starling,* Journ. of Physiol. *24,* 99, 1899 u. *26,* 125, 1904.
5. *R. Magnus,* Pflügers Arch. *102,* 349, 515, 525, 1904.
6. *W. Weiland,* Pflügers Arch. *147,* 171, 1912.
7. *J. W. le Heux,* Versl. Akad. v. Wetensch., Amsterdam. Wis en natuurk. afd. Sept. 1919 und Pflügers Archiv *179,* 177, 1920.
8. *Reid Hunt* u. *Taveau,* Bull. 73 Publ. health and marine hospital service, Washington 1911.
9. *H. H. Dale,* J. of pharm. u. exper. Ther. *6,* 146, 1914.
10. *R. Magnus,* Pflügers Arch. *108,* 1, 1905.
11. *M. Unger,* Pflügers Arch. *119,* 373, 1907.
12. *R. Magnus,* Pflügers Arch. *123,* 95, 1908.
13. *P. Neukirch,* Pflügers Arch. *147,* 171, 1912.
14. *P. Trendelenburg,* Schmiedebergs Arch. *81,* 55, 1917.
15. *A. P. v. Lidth de Jeude,* Diss. Utrecht 1916.
16. *G. Liljestrand,* Pflügers Arch. *175,* 111, 1919.
17. *J. W. le Heux,* Versl. Akad. v. Wetensch. Amsterdam. Wis en natuurk. afd. Sept. 1919 und Pflügers Arch. *179,* 177, 1920.
18. *P. Neukirch* u. *P. Rona,* Pflügers Arch. *146,* 371, 1912.
19. *Reid Hunt,* Amer. J. of physiol. *3,* 18, 1900. — *A. Lohmann,* Pflügers Arch. *118,* 215, 1907.
20. *Reid Hunt,* J. of pharm. u. exp. Ther. *7,* 301, 1915. — *M. Guggenheim* u. *W. Löffler,* Bioch. Z. *74,* 208, 1916.
21. *J. C. B. Engelhard.* De werking van baarmveder — extracten op den overlevenden Konynen — uterus. — Ned. tydschr. v. verloskunde en gynaecologie. 27. 11. 1919.

Besprechungen.

Dürken, Bernhard, Einführung in die Experimentalzoologie. Berlin, Julius Springer, 1919. IX, 446 S. und 224 Textabbildungen. Preis geh. M. 28,—, geb. M. 32,—.

Dürken bezeichnet sein Buch mit Vorbedacht als eine „Einführung in die Experimentalzoologie". Unter dem Ausdrucke „Experimentalzoologie" faßt er nach seinen in der Einleitung gegebenen Ausführungen zusammen einerseits die gewöhnlich unter dem Namen „Entwicklungsmechanik" bekannte, der Erforschung der kausal wirkenden Faktoren des Geschehens dienende Arbeitsweise, andererseits die Forschung, die sich eine experimentelle Erweiterung der beschreibenden Gebiete zur Aufgabe macht, die „experimentelle Morphologie".

Das Buch soll eine „Einführung" sein, kein Lehrbuch. In diesem Sinne war Verfasser berechtigt und gezwungen, aus der Fülle dessen, was die Experimentalzoologie schon geleistet hat, auszuwählen. Spezialprobleme mußten beiseite gelassen werden, um die wichtigsten Fragen und ihre Bearbeitungsweise herauszuarbeiten. Das ist dem Autor auch in mustergültiger Weise gelungen! In klarer Disposition teilt er den reichen darzustellenden Stoff in zwei Hauptteile, deren erster die Formbildung im Leben des Individuums (Versuche über Individualentwicklung. Die Faktoren der Embryonalentwicklung. Das Idioplasma im isoliert betrachteten Individuum) und deren zweiter die Formbildung im Leben der Art behandelt (Das Idioplasma im Zusammenhange der Generationen. Die Vererbung).

Die Hauptabschnitte des ersten Teiles behandeln: Den Beginn der Embryonalentwicklung, Entwicklungserregung, Befruchtung und Parthenogenese. Die äußeren Faktoren der Embryonalentwicklung. Die inneren Faktoren der Embryonalentwicklung. — Den Abschluß des ersten Teiles bildet ein Abschnitt über Einteilung und Wirkungsweise der Entwicklungsfaktoren. In diesem Abschnitt gibt der Autor rückblickend unter zusammenfassenden Gesichtspunkten eine ordnende Übersicht über die Mannigfaltigkeit der Entwicklungsfaktoren, die wir im vorangehenden aus den Ergebnissen der mitgeteilten Experimente kennen gelernt haben.

Die Hauptabschnitte des zweiten Teiles behandeln: Die Mendelsche Vererbungstheorie. Die Vererbung und Bestimmung des Geschlechtes. Die Veränderbarkeit des Idioplasmas und die Erwerbung neuer Anlagen.

Den Schluß des Buches bildet ein reiches Literaturverzeichnis der erwähnten Abhandlungen und ein mit größter Sorgfalt aufgestelltes Namen- und Sachregister.

Wie die Anlage des ganzen Buches, so ist auch die Behandlung des Stoffes und die Art der Darstellung gekennzeichnet durch größte, liebevolle Sorgfalt bei umfassender Sachkenntnis. Der Forderung nach Klarheit und Gründlichkeit, die an ein Buch, das der Einführung in ein so schwieriges Gebiet dienen soll, in besonderem Maße erhoben werden muß, ist meisterhaft genügt. Am Beginn jedes Unterabschnittes wird mit wenigen kurzen Sätzen der normale Ablauf des jeweils zu behandelnden Geschehens skizziert, dann werden in kurzen Fragen die Probleme klargestellt und ihre Lösung durch die anschließend mitgeteilten Experimente versucht. Eine Zusammenfassung arbeitet die gewonnenen Resultate in klarem Zusammenhang aus den ermittelten Tatsachen heraus. Dabei werden mit besonders glücklichem Griff die erreichten Erfolge einerseits, die offen bleibenden und weiterer Bearbeitung harrenden Fragen andererseits klargestellt.

Durch diese Darstellungsweise führt der Autor selbst den, der vollkommen Neuling auf dem Gebiete der Experimentalzoologie wäre, in Fragestellung, Gedankengang und Arbeitsweise dieses Forschungszweiges ein und regt den strebsamen Anfänger in besonderem Maße zu eigener erfolghoffender Arbeit an durch Aufzeigung der Punkte, wo neue Arbeit erwünscht ist.

Im Literaturverzeichnis verweisen besondere Ziffern hinter den Arbeiten auf die einzelnen Kapitel des Buches. Diese Zuordnung der Arbeiten unter besondere Themen ist im Rahmen des Buches durchaus berechtigt und erwünscht, wenngleich sie vor allem bei größeren Arbeiten nur unter Hintansetzung dieser oder jener dort gewonnenen Erkenntnisse geschehen kann. Berechtigt ist diese Zuordnung deshalb, weil dadurch die Stelle, an der die Untersuchung berücksichtigt wurde, gekennzeichnet werden soll; erwünscht insofern, weil hierdurch das Auffinden des über eine bestimmte Arbeit Gesagten wesentlich erleichtert wird. Leider stößt die fruchtbare Benutzung dadurch auf

Schwierigkeiten, daß über den Seiten nicht immer die Überschriften der Kapitel stehen und niemals die Kapitelzahlen, die den Verweisen des Literaturverzeichnisses entsprächen. So ist ein Auffinden des Zitates nur auf dem Umwege über das Inhaltsverzeichnis möglich. Die Beifügung der Seitenzahl im Literaturverzeichnis hätte diese Schwierigkeit behoben.

Die Orientierung beim Nachschlagen eines Themas wird erleichtert durch die glücklicherweise beiderseitig verschiedenen Überschriften der Blätter, deren linke das allgemeine, deren rechte das speziellere Thema nennt. Der sonst innegehaltenen Anordnung, rechtsseitig die unter a, b, c usw. im Inhaltsverzeichnis angeführten Überschriften zu nennen, ist von S. 267 bis 321 leider nicht gefolgt. Der Hinweis auf solche nur als geringfügig zu bezeichnende Mängel geschieht in der Hoffnung, daß bei einer dem Buche recht bald zu wünschenden weiteren Auflage auch solche Kleinigkeiten noch gebessert werden.

Besonders hervorgehoben zu werden verdient die Tatsache, daß der schädigende Einfluß der augenblicklichen Verhältnisse, der sich bei anderen Neuerscheinungen des Buchdruckereigewerbes gar zu oft schmerzlichst fühlbar macht, an diesem Buche noch keine Spuren hinterlassen hat. Der Verlag hat alles getan, um dem Buche eine des schönen Inhaltes würdige Ausstattung zu geben. Wie der Inhalt des Buches, zusammengetragen und ausgewählt in umfassender Sachkenntnis, bei aller Fülle der Einzeltatsachen harmonisch geeint ist durch kritische, aber stets strengstens unparteiische Betrachtung, so ist auch die äußere Ausgestaltung eine solche, daß sie in Druck und Papier und reichlich gegebenen Abbildungen allen an ein solches Werk zu stellenden Anforderungen vollauf gerecht wird.

So wird *Dürkens* „Einführung in die Experimentalzoologie" nicht nur den arbeitsfreudigen Anfänger einführen, sondern auch dem Fachmann und selbst dem Spezialforscher hat *Dürken* ein gern und mit Nutzen zu brauchendes, anregendes Werk an die Hand gegeben. *Horst Wachs, Rostock.*

Roscoe, Sir Henry, Ein Leben der Arbeit, Erinnerungen. Große Männer, Studien zur Biologie des Genies, siebenter Band. Autorisierte Übersetzung nach der englischen Originalausgabe von *Rose Thesing.* Mit einer Einführung von *Wilhelm Ostwald.* Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., 1919. XV, 362 S., 18 Abbildungen und Wiedergabe von drei Originalbriefen. Preis geh. M. 32,—, geb. M. 36,—.

Der vorliegende Band entspricht wohl nicht ganz dem Titel der Sammlung, denn man kann *Roscoe* bei aller Achtung vor der *Summe* seiner Leistungen doch nicht als Genie bezeichnen.

Davon abgesehen aber bietet das Buch eine Fülle des Interessanten unter den verschiedensten Gesichtspunkten. Selbstbiographien geben ein Bild der Zeit, das sich gleich lebhaft und getreu auf keine andere Weise gewinnen läßt, sie enthalten fast immer menschlich interessante Einzelzüge. Solche finden sich auch hier in großer Zahl, einzelne anzuführen, würde den hier verfügbaren Raum überschreiten, obwohl diese Anekdoten schon durch die Männer, an die sie sich knüpfen — *Bunsen, Kirchhoff, Helmholtz, Pasteur* u. a. —, bei den Lesern hier auf Interesse rechnen könnten.

Was aber das Buch besonders aktuell erscheinen läßt, ist die Tatsache, daß hier ein englischer Gelehrter, der wie kaum ein anderer Deutschland kennt und schätzt, sich über die Verschiedenheiten im wissenschaftlichen Lehr- und Forschungsbetrieb der beiden Länder, über ihre Vorzüge und Mängel ausspricht.

Roscoe hat als Schüler *Bunsens* in Heidelberg promoviert, wurde dann Professor in Manchester und hat als solcher noch durch längere Zeit seine Ferien in Deutschland verbracht, teils um mit *Bunsen* zu arbeiten — die berühmten photochemischen Untersuchungen verdanken dieser Zeit ihre Entstehung — teils um mit ihm und *Kirchhoff* zu reisen. Auch später ist *Roscoe* nach Deutschland gekommen und hat dort die Hochschulen und die Industrie studiert.

Die genaue Kenntnis der deutschen Hochschuleinrichtungen, die *Roscoe* sich so erwarb, wurde für sein Vaterland von wesentlicher Bedeutung. Bei der Entstehung des neuen Typus der englischen Hochschulen, deren erste Vertreterin das zu einer Hochschule ausgebaute College von Manchester war, ist *Roscoe* in erster Linie beteiligt, und es ist auch sein Verdienst, daß sich die neue Richtung gegen den Widerstand der Vertreter des historischen Systems durchsetzen konnte.

Die Erörterungen dieser Fragen und die Geschichte der Gründung der Hochschule in Manchester bilden die interessantesten Teile des Buches. Manches davon ist auch von Bedeutung für die Frage der Hochschulreform in Deutschland. Vor allem fällt dem deutschen Leser auf, welche Mannigfaltigkeit von verschiedenen Einrichtungen auf dem Gebiete des Unterrichtswesens sich in England unabhängig voneinander entfalten und erproben konnten.

Durch das ganze Buch zieht eine so tiefe und verständnisvolle Verehrung und Dankbarkeit für Deutschland und seine Wissenschaft, wie sie gleich warm und rückhaltlos noch kein Engländer zum Ausdruck gebracht hat: „Wer meine Lebenserinnerungen gelesen hat, weiß, daß ich das deutsche Volk und sein Vaterland liebe. Trotzdem will ich hier noch einmal wiederholen, daß ich der deutschen Wissenschaft, der deutschen Universität und vor allem der Freundschaft deutscher Männer wie *Bunsen, Helmholtz* und *Kirchhoff* mehr verdanke, als ich je vergelten kann." Mit diesen Worten schließt *Roscoe* seine Erinnerungen und wendet sich Fragen zu, die ihm am Herzen liegen: der Gefahr eines Krieges zwischen Deutschland und England, der Hoffnung, daß dieses Unglück vermieden werden würde und daß dabei gerade die Naturwissenschaften eine vermittelnde Rolle spielen könnten.

Das Buch ist vor dem Krieg entstanden. Sollten aber Männer, die so gedacht und geschrieben haben, sich heute nicht mehr zu diesen Anschauungen bekennen? *H. v. Halban, Würzburg.*

Lecher, E., Lehrbuch der Physik für Mediziner, Biologen und Psychologen. 3. Auflage. Leipzig, B. G. Teubner, 1919. VIII, 440 S. Preis geh. M. 10,—, geb. M. 12,— + Teuerungszuschlag.

Es ist hoch erfreulich, daß der Verfasser seine hervorragende didaktische Befähigung in den Dienst der Aufgabe gestellt hat, den Stoff der Physik in einer für alle, die sich mit dem Studium der Lebewesen befassen, geeigneten Auswahl zusammenzufassen. Wie sehr die Kunst des Verfassers, die schwierigsten Dinge mit den einfachsten Worten knapp und klar darzustellen, den Bedürfnissen der Mediziner, Biologen und Psycho-

logen gerecht geworden ist, beweist der Umstand, daß 5 Jahre nach der ersten Auflage eine zweite und schon zwei Jahre nach dieser eine dritte Auflage notwendig wurde. Das Buch macht den Lernenden nicht bloß mit den Lehrsätzen der Physik im allgemeinen bekannt, sondern bietet ihm allenthalben Anwendungsbeispiele auf dem Gebiete der Biologie und Medizin. So ist gleich bei den Messungsmethoden das Kephalometer zur Messung des Schädeldurchmessers erwähnt und abgebildet; an die Lehre vom Drehmoment und den Kräftepaaren schließen sich Erörterungen an über Muskelwirkungen und Freiheitsgrade der Gelenke im Tierkörper; für die Schwerpunktsbestimmung wird als Beispiel der menschliche Körper herangezogen usf. Besonders eingehend sind ferner die modernen Fortschritte der Physik und ihre Anwendung in der Medizin behandelt, so, um einiges zu nennen, die Röntgenstrahlen, die Thermopenetration usf. Trotzdem auf diesen Gebieten und in den Fragen der Elektronik die neuesten Forschungsergebnisse mit berücksichtigt worden sind, ist es dem Verfasser gelungen, durch allerhand Kürzungen den Umfang des Buches gegenüber der ersten Auflage sogar etwas herabzusetzen. Weitere Kürzungen ließen sich ohne Schaden für das Buch erreichen, wenn manche rein physiologische Dinge, die gerade der Mediziner in einem Lehrbuch der Physik kaum suchen wird, wie z. B. die Besprechung der Anatomie der Netzhaut, das Aufsuchen des blinden Flecks und Ähnliches, weggelassen würden. Dafür könnten dann z. B. in der Dioptrik die Besprechung der Abbildung durch eine einzige sphärisch gekrümmte brechende Fläche (im reduzierten schematischen bezw. im aphakischen Auge) und die für das Verständnis so wünschenswerte Ableitung der Knotenpunkte des zusammengesetzten optischen Systems aus dem einfachen optischen System eingefügt werden. Auch der Gullstrandsche Begriff der reduzierten Konvergenz ließe sich dann an passender Stelle mit wenig Worten entwickeln.

F. B. Hofmann, Marburg.

Bauer, G., Die Helmholtzsche Wirbeltheorie für Ingenieure. München und Berlin, R. Oldenbourg, 1919. VIII, 146 S. und 58 Abb. Preis M. 12,— zuzügl. 20 % Teuerungszuschlag.

Mit der Weiterentwicklung unserer Technik werden in vielen Zweigen derselben immer höhere Anforderungen auch an die theoretischen Kenntnisse der Ingenieure gestellt. Dabei ist es für die meisten Ingenieure infolge ihres mehr dem Praktischen zugewandten Ideenkreises und infolge starker anderweitiger Inanspruchnahme nicht leicht, sich in Untersuchungen mit wesentlich abstraktem Inhalt hineinzuarbeiten. In der Regel begnügt man sich deshalb mit einer gemeinverständlichen Darstellung der tiefer gehenden Forschungsarbeiten, wobei aber natürlich vieles verloren geht, was in der Originalarbeit vorhanden ist oder vielfach auch Mißverständnisse entstehen. Es war deshalb eine dankenswerte Aufgabe, die sich der Verfasser mit der vorliegenden Schrift gestellt hat: Er gibt die für manche technische Probleme recht wichtig gewordenen klassischen Arbeiten von *Helmholtz* über die Wirbelbewegung in Originalform (teilweise in Übersetzung) wieder und sucht dem Leser das Studium dadurch zu erleichtern, daß er in Anmerkungen die dem Ingenieur im allgemeinen weniger geläufigen Gedankengänge in anderer Form und ausführlicher darstellt. In einem Anhang bringt er dann noch eine Reihe von Sätzen, Ableitungen und Darstellungen, welche auf die Wirbelbewegung Bezug haben.

Die Mehrzahl der Ingenieure hat im allgemeinen eine gewisse Abneigung gegen längere mathematische Ableitungen. Es wird sich aus diesem Grunde auch mancher durch die vielen Formeln, die besonders der Hauptteil enthält, von der Lektüre abschrecken lassen und es wäre mit Rücksicht auf diese Eigentümlichkeit derjenigen Leser, für die das Buch nach seinem Titel doch in erster Linie bestimmt ist, vielleicht eine stärkere Einschränkung der formelmäßigen Darlegungen in den Anmerkungen am Platze gewesen. Aber auch diese Leser, welche an den rein abstrakten Gedankengängen wenig Freude haben, werden durch den Inhalt des Anhanges entschädigt werden, der über die Hälfte der ganzen Schrift umfaßt. Hier finden sie neben einigen Sätzen und Beweisen Stromlinienbilder für einige einfache Wirbelgebilde und als Analogon den Kraftlinienverlauf in magnetischen Feldern, Methoden zur Ermittlung dieser Strömungsbilder, ferner einige zum Teil recht schöne photographische Aufnahmen, welche das Vorkommen der Wirbel in der Wirklichkeit zeigen (Windhosen, Rauchwirbel, Wirbel im Propellerstrahl).

Die Theorie der Wirbelbewegungen hat gerade in den letzten Jahren besondere Wichtigkeit erlangt, seitdem es gelungen ist, mit ihrer Hilfe eine Reihe wichtiger hydrodynamischer Probleme besonders auf dem Gebiete der Theorie der Flugzeuge, der Propeller und der Turbinen mit Erfolg zu behandeln. Das vorliegende Buch aus der Feder eines so hervorragenden Ingenieurs wird deshalb vielen zur Einführung in diese neue Betrachtungsweise willkommen sein.

A. Betz, Göttingen.

Zuschriften an die Herausgeber.

Zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie an der Beobachtung.

Vor einem Jahre[1]) berichteten die *Naturwissenschaften* über den Plan zweier englischer Expeditionen, die Gelegenheit der Sonnenfinsternis vom 29. Mai 1919 zu Beobachtungen über die Ablenkung zu benutzen, welche *Einsteins* Theorie der Schwere für einen nahe der Sonne vorübergehenden Lichtstrahl fordert. Das freundliche Entgegenkommen des Astronomer Royal, Sir *F. Dyson*, sowie die liebenswürdige Vermittlung von Herrn Dr. *L. Silberstein* in London ermöglichen es, jetzt die in Sobral (Brasilien) erzielte photographische Aufnahme der Finsternis dem Leser vorzuführen. Die Reproduktion stellt das Negativ dar. Sie zeigt zunächst die dunkle, die Sonnenscheibe völlig abblendende Scheibe des Mondes, umgeben von der Corona, und außerdem 7 von den 13 Fixsternen, auf deren Erscheinen auf der Platte man gehofft hatte. Deren Numerierung stimmt mit der in der früheren Veröffentlichung überein.

Um die scheinbaren Ablenkungen dieser Sterne zu finden, muß man diese Aufnahme zusammenhalten mit einer, welche ein paar Monate früher oder später gemacht ist, wenn die Sonne von dieser Himmelsgegend so weit entfernt steht, daß sie das Licht dieser Sterne nicht mehr beeinflussen kann. Der Vergleich erfordert natürlich sorgfältigste Ausmessung der Platten unter Benutzung optischer Vergrößerung. Die Verrückung betrüge z. B. bei Stern 2 im Maßstabe der Reproduktion etwa 0,03 mm, also wäre dem bloßen Auge der Unterschied in der Stellung der Sterne gegeneinander nicht

[1]) Band 7, S. 368, 1919.

Totale Sonnenfinsternis vom 29. Mai 1919.
Wiedergabe einer der sieben in Sobral (Brasilien) während der Finsternis gemachten Aufnahmen.

Verlag von Julius Springer in Berlin

bemerkbar. Immerhin zeigt uns die vorliegende Aufnahme allein, daß nur einer der sieben sichtbaren Sterne noch innerhalb der Corona erscheint. Und das ist nicht unwichtig, weil bei einem durch die Corona führenden Strahl stark der Verdacht vorliegt, daß seine Ablenkung auf gewöhnlicher Brechung beruht. Natürlich liegt dieser Verdacht zunächst bei allen Sternen vor; weiß man doch nicht so genau, wie weit sich die Gashülle der Sonne erstreckt. Doch wäre dann das Gesetz, nach welchem sich die Ablenkung mit dem Winkelabstande von der Sonne ändert, jedenfalls ein ganz anderes als nach *Einstein*. Fiele also zufällig bei *einem* Stern eine durch Brechung verursachte Ablenkung gerade so groß aus, wie es *Einsteins* Theorie verlangt, so müßte sich bei *den anderen* eine erhebliche Abweichung zeigen. Die folgende Tabelle, in der man freilich vielleicht auf die Messungen an den am weitesten von der Sonne entfernten Sternen 10 und 11 keinen besonderen Wert legen darf, zeigt aber bei Stern 2, 3, 4 und 5 trotz des recht verschiedenen Abstands von der Sonne durchweg eine so gute Übereinstimmung mit der Theorie, daß man doch wohl die Bestätigung der letzteren zugeben muß.

Nr. des Sterns	Verrückung in Bogensekunden in der Richtung von Süden nach Norden		in der Richtung von Osten nach Westen[1])	
	beob.	berechn.	beob.	berechn.
11	+ 0,16	+ 0,02	— 0,19	— 0,22
5	— 0,46	— 0,43	— 0,29	— 0,31
4	+ 0,83	+ 0,74	— 0,11	— 0,10
3	+ 1,00	+ 0,87	— 0,20	— 0,12
6	+ 0,57	+ 0,40	— 0,10	+ 0,04
10	+ 0,35	+ 0,32	+ 0,08	+ 0,09
2	— 0,27	— 0,09	+ 0,95	+ 0,85

Auf die außerordentliche Bedeutung dieser Bestätigung ist ja schon häufig, auch in dieser Zeitschrift, hingewiesen worden. Sie ist um so größer, als keine der vielen Theorien der Schwere, welche sich im Anschluß an die „beschränkte" Relativitätstheorie entwickelt haben, und von denen eine ganze Reihe allen älteren Erfahrungstatsachen genügt, und manche sogar die Rotverschiebung der Spektrallinien an der Sonne richtig wiedergeben, diese Lichtablenkung zu deuten vermag. Ihre zahlenmäßig zutreffende Erklärung aus der allgemeinen Relativitätstheorie, die ausgeht von so ganz anderen Gebieten der Erfahrung und an unserem physikalischen Weltbild die kühnsten Änderungen vornimmt, darf man getrost als einen der größten Triumphe des menschlichen Geistes hinstellen.

Berlin-Zehlendorf, 13. April 1920. *M. v. Laue.*

Die Bezeichnungsweise des Dezimalsystems angewandt auf prozentuale Verhältnisse, insbesondere Konzentrationsbezeichnungen („Milliprozent", „Mikroprozent", „Minimiprozent").

Da ich bei meinen Vorlesungen über Physiologie mit sehr verdünnten Lösungen zu tun habe, habe ich oft Veranlassung gehabt darüber nachzudenken, wie wenig eine Angabe der Konzentration der angewandten Lösung unser Bedürfnis nach Leichtfaßlichkeit und Anschaulichkeit befriedigt, wenn man sie in Prozenten unter Anwendung von Dezimalbrüchen mit vielen Nullen vor den charakteristischen Ziffern ausdrückt. Ich habe z. B. eine stark verdünnte Adrenalinlösung und will in Prozenten ihre Stärke ausdrücken. Sie hat beispielsweise in einem Falle eine Stärke von 0,000 01. Die vier Nullen vor der charakteristischen Endziffer wirken recht hinderlich für die Auffassung. Oder um ein analoges Verhältnis durch eine Tabelle über die Zusammensetzung der in der Physiologie viel angewandten sog. Ringer-Lockeschen Lösung zu exemplifizieren. Sie ist zusammengesetzt:

NaCl	0,92 %
KCl	0,042 %
$CaCl_2$	0,024 %
$NaHCO_3$	0,015 %

Was hier erschwert ist, ist die rasche Auffassung des Verhältnisses zwischen der Menge der verschiedenen in der Lösung enthaltenen Stoffe. Auch hier wirken die im Dezimalbruch vor den charakteristischen Ziffern stehenden Nullen lästig. Mir jedenfalls scheint das Verhältnis sehr viel besser zwischen den ganzen Zahlen 42 und 920 als zwischen den Dezimalbrüchen 0,042 und 0,92 hervorzutreten.

Die hier berührte Verwendung von Dezimalbrüchen mit vielen Nullen vor den charakteristischen Ziffern beruht auf dem Mangel an niederen Einheiten, wenn es gilt, in Prozenten die Konzentration verdünnter Lösungen zu bezeichnen. In Wirklichkeit befinden wir uns gegenüber verdünnten Lösungen in einer Situation analog der, welche bei Längenmessungen vorliegen würde, wenn man nicht über andere Einheiten als das Meter verfügte und Längen darunter in Meterbezeichnung mit Dezimalbrüchen ausdrücken müßte.

Was indessen eben das Metersystem so bequem gemacht hat, es gelte nun die Bezeichnung von Längen, Flächen, Rauminhalten oder Gewichten, ist dies, daß es für jedes Meßgebiet zweckmäßig große Einheiten bietet.

Überhaupt darf man, unter Anwendung der Erfahrung vom Metersystem her, an jedes Maßsystem folgende Forderung stellen: *Wird die Meßtechnik verfeinert, und kommt man auf diese Weise dahin, sich mit Größen zu beschäftigen, die mit bis dahin vorhandenen Maßeinheiten nicht anders als mittelst Dezimalbrüchen mit einer unbequemen Anzahl Nullen ausgedrückt werden können, so muß auch das Maßsystem mitgehen und neue untergeordnete Einheiten schaffen, die die Anwendung ganzer Zahlen bei der Bezeichnung dieser kleineren Größen ermöglichen.*

Die Bedeutung einer Neuschaffung kleinerer Maßeinheiten hat man beispielsweise in der mikroskopischen Anatomie erfahren können. Wie viel bequemer werden nicht nunmehr die zellularen Dimensionen ausgedrückt, seitdem man als allgemeines Maß für sie das Mikrometer (Mikromillimeter), bezeichnet mit dem griechischen Buchstaben μ, eingeführt hat. Man sagt nun nicht mehr, daß der Durchmesser eines Blutkörperchens 0,007 mm, oder daß der Durchmesser einer Nervenfaser 0,002 mm beträgt. Man wendet die Ganzzahlbezeichnungen 7 bzw. 2 μ an.

Gilt es, in Prozenten Verhältnisse, z. B. Konzentrationen, zu bezeichnen, so hat man auch durch die Einführung des Begriffs und Ausdrucks „Promille" und der Bezeichnung ‰ eine niedrigere Einheit als das Prozent geschaffen. Und die Promillebezeichnung bringt in einer ganzen Reihe von Fällen ziemlich bedeutende Erleichterung mit sich. Ihr Anwendungsgebiet ist indessen ziemlich beschränkt. Sie bringt wenig Erleichterung, wenn es Konzentrationen gilt, die $^1/_{100}$ oder $^1/_{1000}$ eines Prozents oder noch weniger be-

[1]) Man findet in der Figur diese Richtungen, indem man die mit N S E W | | | | bezeichneten Striche miteinander verbindet.

tragen. Und gegen die Promillebezeichnung kann man einwenden, daß sie in eine Sackgasse führt. Das dabei angewandte Bezeichnungsprinzip ermöglicht zwar die Schaffung noch niedrigerer Einheiten, Einheiten dadurch gewonnen, daß man die Anzahl Nullen hinter dem schrägen Strich vermehrt, also Einheiten von dem Aussehen $^0/_{000}$, $^0/_{0000}$ usw. Teils aber wird auf diese Weise die Anzahl Nullen leicht lästig, und insbesondere ist es nahezu unmöglich, einen rationellen Namen für diese niederen Einheiten zu schaffen.

Unter solchen Umständen schien es mir zweckmäßig, auf andere Weise die niedrigeren Einheiten zu schaffen, die zur Bezeichnung sehr geringer Konzentrationen erforderlich sind. Ich bediente mich dabei des Verfahrens, das eben das Dezimalsystem gegenüber der primären Einheit anwendet, die dem Maßsystem zugrunde liegt. Als Einheit bei Konzentrationsangaben benutzte ich das Prozent. Die Unterabteilungen sind dann Deziprozent, Zentiprozent, Milliprozent, Mikroprozent, womit also gemeint sind 0,1 bzw. 0,01, 0,001 und 0,000 001 %. Deziprozent ist somit dasselbe wie $^0/_{00}$. In der Praxis, also bei meinen Laboratoriumsnotizen, habe ich nun gefunden, daß man im allgemeinen kein größeres Bedürfnis nach solchen zwischenliegenden Einheiten wie Deziprozent und Zentiprozent hat. Man kommt gut mit größeren Zwischenräumen zwischen den Einheiten aus. Großen Nutzen hat man jedoch von den Teileinheiten Milliprozent (= 0,001 %) und Mikroprozent (= 0,000 001 %). Bei Anwendung dieser Einheiten ist es möglich, die meisten der Konzentrationen, mit denen man in der modernen Physiologie arbeitet, durch ganze Zahlen zu charakterisieren.

Bedient man sich dieser Bezeichnungsweise, so wird die Zusammensetzung der obenerwähnten Ringer-Lockeschen Lösung in folgender Weise angegeben, wobei die Bezeichnung Milliprozent verkürzt durch mp wiedergegeben wird:

NaCl	920 mp,
KCl	42 mp,
$CaCl_2$	24 mp,
$NaHCO_3$	15 mp.

Und gilt es die Stärke einer Adrenalinlösung von 0,000 001 % (die noch ein überlebendes Darmpräparat beeinflußt) anzugeben, so geschieht es dadurch, daß man ihre Konzentration mit 1 Mikroprozent (mikrop) bezeichnet.

In letzter Zeit hat man nun in der Physiologie mit Konzentrationen zu arbeiten begonnen, für welche sogar eine so minimale Einheit wie das Mikroprozent keine bequeme Bezeichnung ermöglicht. Es gilt dies besonders von der Wasserstoffionenkonzentration.

Eben hier hat man sich nun bereits eine ziemlich bequeme Bezeichnung dadurch geschaffen, daß man den Normalitätsfaktor der fraglichen Lösung durch Anwendung negativer Potenzen von 10 angibt. Die Wasserstoffionenkonzentration des Blutes wird demgemäß ziemlich bequem durch den Wert $10^{-7,3}$ normal angegeben. Oder auch kann man mit *Sörensen* sich nur des numerischen Wertes der obenerwähnten Potenz von 10 bedienen, welcher Wert dann unter der Bezeichnung „Wasserstoffionenexponent" zur Anwendung kommt.

Ich gebe durchaus zu, daß diese Bezeichnungsweise nicht nur berechtigt, sondern auch zweckmäßig ist, wenn es die wissenschaftliche Behandlung der diesbezüglichen Fragen gilt. Bewegt man sich indessen auf dem mehr elementaren Plan, den ein physiologischer Elementarunterricht verlangt, so kann es recht zweckmäßig sein, zunächst zu versuchen, die Wasserstoffionenkonzentration mittelst gewöhnlicher einfacherer Maße einer Konzentration anzugeben. Hier bemerkt man nun, daß die Serie Bezeichnungen, die durch die Präfixe Dezi-, Zenti-, Milli- und Mikro- markiert wird, zu früh abgebrochen ist. Und das ist der Fall, ob man nun die Wasserstoffionenkonzentration durch Angabe der Normalität der Lösung hinsichtlich der Wasserstoffionen bezeichnen will und demnach die Ausdrücke normal, millinormal und mikronormal zur Verfügung hat, oder ob man die allen wohlbekannte Prozentbezeichnung verwenden will und dabei also, dem obigen Vorschlag gemäß, zu einer so unbedeutenden Einheit wie Mikroprozent hinabgehen kann.

Unter solchen Verhältnissen habe ich versucht, eine geeignete Fortsetzung der Bezeichnungsserie Milli-, Mikro- zu finden, und ich erlaube mir hiermit, als Tausendstel des Mikrowertes vorschlagsweise die Bezeichnung „Minimi-" einzuführen. Auf das Metersystem angewendet, würden wir also neben Meter, Millimeter, Mikrometer (Mikromillimeter) noch die Bezeichnung „Minimimeter" (= mnm) für eine Länge einführen, die das Tausendstel von 1 Mikrometer ist. Und das Tausendstel eines Mikroprozents würde analog damit als „Minimiprozent" (= mnp) zu bezeichnen sein. Bei einem Atomgewicht von 1 für den Wasserstoff hat eine Normallösung Wasserstoffionen eine Wasserstoffionenkonzentration von 1 : 1000, also eine Stärke von 0,1 %. Eine Wasserstoffionenkonzentration von $0{,}47 \times 10^{-9}$ normal (ein gewöhnlicher Wert für die Wasserstoffionenkonzentration des Blutes) kann auch $^{0{,}47}/_{10\,000\,000}$ geschrieben werden, was = 0,000 000 047 normal = 0,000 000 0047 % ist. Führen wir nun die Bezeichnung Minimiprozent ein, so ist also die normale Wasserstoffionenkonzentration des Blutes 4,7 Minimiprozent (wenn wir 1 Liter Lösung als 1 kg wiegend annehmen), und wir sind demnach imstande, sie mittelst Anwendung der für alle leichtfaßlichen Prozentbezeichnung und außerdem mittelst ganzer Zahlen zu bezeichnen.

Nun kann man zwar einwenden: „Was soll es für einen Zweck haben, diese Bezeichnungen Milliprozent, Mikroprozent, Minimiprozent einzuführen, wo wir doch schon so rationelle Bezeichnungen wie 10^{-3}, 10^{-6}, 10^{-} usw. haben?" Natürlich liegt es mir ferne, die Bedeutung der ebengenannten Bezeichnungen bestreiten zu wollen. Aber für einige Fälle sind sie etwas zu gelehrt. Es ist dies wahrscheinlich der Anlaß, weshalb in der mikroskopischen Anatomie die Bezeichnung Mikromillimeter durchgedrungen ist. Und ich nehme an, daß niemand die Einteilung des Meters, die wir dank den Bezeichnungen Dezimeter, Zentimeter usw. haben, entbehren möchte. Dieselbe Berechtigung aber, die dieser bequemen und praktischen Einteilung unserer Längeneinheit zukommt, dieselbe Berechtigung kommt auch ihrer Anwendung bei der Bezeichnung von Konzentrationen zu, gleichwie die hier vorgeschlagene Extrapolierung derselben, so daß man mit ganzen Zahlen die neuen Dimensionen bezeichnen kann, die durch die Entwicklung der Meßtechnik und der Beobachtungstechnik zugänglich geworden sind.

Ohne mich auf Einzelheiten einzulassen, möchte ich nur erwähnen, daß man bei einigen physiologischen Zeitbezeichnungen großen Nutzen von der Bezeichnung „Millisekunde" hat.

Schließlich will ich betonen, daß ich absichtlich die vorliegende Darstellung nicht durch Eingehen auf Fragen des Gewichtsprozents, Volumprozents usw. kompliziert habe.

(Wer sich für den Standpunkt interessiert, den die Bezeichnungsmethoden für physikalische und ähnliche Größen bisher erreicht haben, findet eine anregende Darstellung in einem Aufsatz von Prof. *Karl Scheel*, Berlin, betitelt: „Die Aufgaben und die bisherige Tätigkeit des Ausschusses für Einheiten und Formelgrößen", in der Zeitschrift *Die Naturwissenschaften*, Jahrg. 1913, S. 921 ff.)

Lund, März 1920. *T. Thunberg.*

Gesammelte Abhandlungen von Robert Bunsen.

Auf Seite 231 der *Naturwissenschaften* bespricht Herr *Karl Freudenberg Emil Fischers* „Untersuchungen über Depside und Gerbstoffe". Er weist mit Recht darauf hin, daß Originalabhandlungen der großen Forscher die beste Lektüre für den Lernenden sind. „Aber welcher junge Doktor der Chemie kann sich heute planmäßig mit dem unvergänglichen Experiment *A. W. Hofmanns* befassen, dessen zerstreute Abhandlungen leider nie gesammelt worden sind? Wer wälzt alte Bände, um zu lesen, was und wie *Bunsen* gearbeitet hat, von Älteren zu schweigen?" Der letzte Satz zwingt zu dem Schluß, daß auch die Abhandlungen *Bunsens* nicht gesammelt worden seien. Es ist deshalb nicht überflüssig, darauf hinzuweisen, daß die Deutsche Bunsengesellschaft für angewandte physikalische Chemie *die gesammelten Abhandlungen von Robert Bunsen* im Jahre 1904 durch *Wilhelm Ostwald* und *Max Bodenstein* in 3 stattlichen Bänden herausgegeben hat (Verlag Wilhelm Engelmann, Leipzig). *Bunsens* Arbeiten sind also ebenso leicht zugänglich wie die später erschienenen Sammlungen der Abhandlungen *Adolf Bayers* und *Emil Fischers*.

Greifswald, den 18. April 1920. *A. Sieverts.*

Nachtrag zu meinem Aufsatz: „Betrachtungen zu Rutherfords Versuchen über die Zerspaltbarkeit des Stickstoffkerns".

(Naturw. *8*, S. 181, 1920.)

Auf S. 181 war angegeben, daß den Herren *Harkins* und *Wilson* die Priorität der Erklärung der Atomgewichtsdefekte mittels des Satzes von der Trägheit der Energie zuzuschreiben sei. Demgegenüber bin ich von befreundeter Seite darauf aufmerksam gemacht worden, daß Herr *R. Swinne* schon in einer Arbeit von 1913 (Phys. Zeitschr. *14*, S. 145—147) derartige Überlegungen angestellt hat. Ich nehme gerne Anlaß, diese Prioritätsfrage hier richtigzustellen.

München, den 12. April 1920. *Dr. W. Lenz.*

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Am 14. März 1920 hielt Professor *F. Sarre* (Neubabelsberg) einen Vortrag mit Lichtbildern über **die muhammedanische Baukunst in Persien.** Der Vortragende weist in einleitenden Worten auf seine Reisen hin, die ihn zwecks Studiums der muhammedanischen Kunst durch alle islamischen Länder und mehrmals durch Persien geführt haben. Die geographische Lage des Iranischen Hochlandes, das fast nach allen Seiten durch hohe Randgebirge abgeschlossen ist, hat viel zu der Erhaltung einer nationalen Einheit der Bevölkerung beigetragen, die darin zum Ausdruck kommt, daß seit den Tagen der achämenidischen Großkönige, eines Kyros († 529 v. Chr.) und Darius sich mit geringen Unterbrechungen ein monarchisch regierter Nationalstaat erhalten hat. Hiermit und mit der geographischen Abgeschlossenheit hängt es zusammen, daß sich auch die Kunst hier eigentümlich entwickeln und zu hoher Blüte gelangen konnte, die sich durch alle verschiedenen Epochen seiner Geschichte erhalten hat. Wenngleich Alexanders Siegeszug griechische Kultur nach Persien brachte, so sind doch diese griechischen Einflüsse nicht nachhaltig gewesen. Neben den Felsreliefs und Palastanlagen der Achämeniden und später der Sassaniden, die vom 3. bis 7. Jahrhundert bis zur arabischen Invasion herrschten und die national-persische Kunst intensiv pflegten und förderten, sind namentlich die Kunstäußerungen der muhammedanischen Epoche Persiens von Bedeutung. Leider sind die, sonst ausschließlich in Backstein errichteten Bauten, vor allem die der älteren Zeit, zugrunde gegangen und haben sich nur noch in Ruinen erhalten, die auch unaufhaltsam dem Untergang entgegengehen.

Die frühislamische Kunst Mesopotamiens oder des persischen Hochlandes hat sich auf altorientalischer und hellenistischer Grundlage entwickelt. Die Weiterbildung des Gewölbebaues und der Palastarchitektur der parthischen und sassanidischen Epoche haben die von dem Vortragenden gemachten Ausgrabungen von Samarra, der abassidischen Kalifenresidenz im 9. Jahrhundert nördlich von Bagdad, gelehrt. Hier finden sich auch in den reichen ornamentalen Stuckdekorationen der Innenräume die altorientalischen Orthostaten wieder, die in den hettitischen und assyrischen Palästen, hier freilich in Stein ausgeführt und mit figürlichen Darstellungen verziert, die Wände sockelartig umgaben.

Zu den ältesten Monumenten gehören die Mausoleen und Grabtürme. Rund oder vieleckig gestaltet, zeigen sie das Bestreben, die Fläche in der Technik des Ziegelmosaiks mit geometrischen Mustern zu verzieren. Neben dem Mausoleum in seinen verschiedenen Formen beansprucht die Entwicklung des islamischen Bethauses, der Moschee, besondere Beachtung. Von dem ältesten, in Samarra in charakteristischer Form verbreiteten Bautypus, der sogenanten Pfeilermoschee, bei dem auf Stützen ruhende Hallen einen rechteckigen Hof umgaben, haben sich in Persien nur noch geringe Spuren erhalten. Dagegen hat hier der Bautypus der Kuppelmoschee mannigfaltige Verwendung gefunden. Die aus dem 13. Jahrhundert stammenden prachtvollen Bauten des Seldschukenreiches von Konia in Kleinasien sind nachweislich von persischen Architekten und Handwerkern geschaffen und haben sich verhältnismäßig besser als die gleichzeitigen rein persischen Bauten erhalten. Um diese Zeit entstanden in Persien auf den Trümmern des Mongolenreiches eine größere Anzahl von kleinen Staaten, die sich in gewisser Beziehung mit den italienischen des 15. und 16. Jahrhunderts vergleichen lassen. Der politischen Zerrissenheit, in welche dann die zweite mongolische Invasion unter Timur Persien gestürzt hatte, machte um die Wende des 15. Jahrhunderts Schah Ismael, der Begründer der Safiwidendynastie ein Ende, indem er das ganze Land unter einem nationalen Szepter vereinigt. Die Safiwidenzeit, wenigstens ihr Beginn im 16. Jahrhundert, kann als eine persische Renaissance bezeichnet werden. Auf allen Gebieten künstlerischen Schaffens ist ein Aufstreben bemerkbar. Dieser Epoche verdanken wir auch die prachtvollen geknüpften Teppiche, die Seidenstoffe, Fayencen und mit Miniaturen geschmückten Handschriften. Die Moscheen und Paläste, mit denen die safiwidischen Herrscher, vor allem Abbas der Große (1587—1629) ihre Residenzen, besonders Isfahan und die Grabmoschee der Dynastie in Ardebil schmückten, gehören zu den bedeutendsten Schöpfungen der nationalpersischen Architektur und

bilden ihren glänzenden Abschluß. Die Kunst der Herstellung von Gewölben in gewaltigen Dimensionen war von altersher in Mesopotamien und Persien heimisch.

Durch die Mongolen kommt persische Architektur auch nach Turkestan und Indien. Die Bauten des Welteroberers Timur und seiner Nachfolger in Buchara und Samarkand, und die prächtigen und phantastischen Denkmäler der Mogulkaiser in Lahore, Delhi und Agra gehören zu den schönsten Äußerungen der persischen Kunst. *O. B.*

Deutsche Meteorologische Gesellschaft.
(Berliner Zweigverein.)

In der Sitzung am 2. März sprach Professor Dr. *W. Kühl* **über Probleme der meteorologischen Photometrie.** Die Meteorologie benutzt photometrische Methoden zur Messung von Strahlungen, die als Funktion von Strahlenmenge und Wellenlänge dargestellt werden können; die nächstliegende Aufgabe ist, zu bestimmen, was von der Sonnenstrahlung in der Atmosphäre verloren geht. Zur Beobachtung dienen das Auge (Augenphotometrie) und für kurzwellige Strahlung die lichtelektrische Zelle. Im Bereich der Augenphotometrie liegen über 54 % der gesamten Sonnenstrahlung; theoretisch bedenklich sind jedoch bei dieser Methode die Vergleichung des Himmelslichts mit spektral sehr abweichenden Lichtarten (Hefnerkerze, Benzinlampe) und die Benutzung von Vergleichslampen sehr geringer Helligkeit (Gefahr von Störungen nach Art des Purkinjephänomens).

Um die Vergleichung verschiedenfarbiger Lichtquellen zu vermeiden, ist das Verfahren von *Exner* empfehlenswert, Farben verschiedener Wellenlänge zu mischen und diese Kombination zu vergleichen. Durch Filtergläser kann man eine innerhalb des photometrischen Bereichs der Sonnenstrahlung sehr ähnliche Lichtart erzeugen. Der Vortragende hat durch Vorschaltung eines Blauglases vor eine elektrische Glühlampe ein Vergleichslicht erzielt, welches für das Auge im Photometer ziemlich dasselbe Weiß gibt, wie der durch eine Milchglasscheibe gesehene Himmel. Eine Verbesserung dieser Filtermethode ist möglich und erwünscht, sie hat überdies den Vorteil, daß man die Vergleichslampe genügend hell wählen kann. Unbedingt zu fordern ist der spektrale Anschluß der Vergleichslampe (photometrisch oder bolometrisch) an einen Strahler von hoher Temperatur als Normal.

Während man bisher im *Weber*photometer für Himmelshelligkeit nur Vergleiche in rot und grün ausführte, hat Prof. *Kühl* außerdem ein Blaufilter benutzt und so wenigstens eine ungefähre Energiemessung des ganzen sichtbaren Spektrums durch Umrechnung auf die Hefnerkerze ermöglicht. Sofern eine solche Dreiteilung des Spektrums ausreicht, ist ein Apparat dringend erwünscht, welcher die Messung der verschiedenen Farben nicht hintereinander ausführt, sondern das Vergleichslicht durch Änderung der drei Komponenten dem zu messenden Licht an Intensität und Farbe gleichmacht. Es fehlt ein Spektralphotometer für meteorologische Zwecke.

An die Augenphotometrie mit einem Meßbereich von 0,4 bis 0,75 μ schließt sich die lichtelektrische Photometrie (Kali- und Zinkzelle) an. Da die Kalizelle bis 0,6 μ reicht, gibt sie eine gute Kontrolle und Ergänzung zum Augenphotometer. Zu strengen Vergleichen sind die „Empfindlichkeitskurven" heranzuziehen, welche die Empfindlichkeit als Funktion von Stärke und Spannung des Stromes darstellen. Eine Überlastung der Zelle ist unbedingt zu vermeiden. Die in letzter Zeit gelungenen Vervollkommnungen der Zellenmethode lassen weitere Fortschritte erhoffen. Zweifellos liefert aber schon jetzt die meteorologische Photometrie wertvolles Material für den sichtbaren und den kurzwelligen Teil des Sonnenspektrums und damit für die Physik der Atmosphäre und der Sonne. *Sü.*

Botanische Mitteilungen.

Die Zukunft des badischen Weinbaus (*K. Müller, Wein und Rebe* 1919). Daß der Weinbau in den letzten Jahren durch das Umsichgreifen der verschiedensten Rebkrankheiten immer mehr geschädigt wurde, ist eine bekannte Tatsache. *Karl Müller* stellt eine Reihe sehr wichtiger Daten zusammen, die sich auf das badische Gebiet beziehen. Am empfindlichsten ist die verheerende Wirkung der Peronosporakrankheit. Ihr ist es im wesentlichen zuzuschreiben, wenn in Baden seit 1906 die Rebfläche von 18 000 auf 12 000 ha zurückgegangen ist, also um ein ganzes Drittel. In manchen Gegenden beträgt der Rückgang sogar 84 % (Durchschnittsabnahme für Deutschland 23 %). Wie sehr der Ertrag der Ernte von den äußeren Verhältnissen abhängt, geht aus der Tatsache hervor, daß in dem peronosporafreien Jahr 1911 Baden für 21,6 Millionen Mark Wein erzeugte, in den peronosporareichen Jahren 1912/13 dagegen bloß ca. 4¼ Millionen. Bei den jetzigen Weinpreisen stehen natürlich noch viel höhere Werte auf dem Spiel. Infolgedessen ist eine wissenschaftliche Bekämpfung des Schädlings äußerst notwendig. In dieser Hinsicht ist gerade in Baden außerordentlich viel geleistet worden. Es hat sich gezeigt, daß bei methodischem Vorgehen, besonders durch Feststellung des Spritzzeitpunktes vermittels des Inkubationskalenders, in peronosporareichen Jahren fast ebenso hohe Beträge erzielt werden können als in peronosporaarmen. Von hoher Bedeutung ist hier vor allem die Schaffung möglichst zahlreicher Witterungsbeobachtungsstationen. Ferner wäre zu erstreben der Anbau krankheitswiderstandsfähiger Rebarten, wie solche durch Kreuzung mit amerikanischen Rassen erzielt werden können. Allerdings könnte durch diesen amerikanischen Einschlag die Reblaus weitere Verbreitung finden, eine Gefahr, der man indes durch gewissenhafte Kontrolle steuern kann. Die Auffassung, daß durch solche Hybridisierung die Qualität des Weines zu sehr herabgesetzt wird, entspricht nicht mehr dem neuesten Stand der Forschung. Jedenfalls wäre es jetzt, wo das elsässische Weingebiet verloren ist, geboten, alle Kräfte anzuspannen, um im übrigen Deutschland den Weinbau zu heben.

Über die Bedeutung der Art des Auftauens für die Erhaltung gefrorener Pflanzen (*A. Akerman, Bot. Not.* 1919). Die Frage, worauf der Kältetod der Pflanze im tiefsten Grunde beruht, ist noch keineswegs geklärt. Die alte Auffassung von *Sachs* geht dahin, daß es überhaupt nicht das Gefrieren selbst ist, worauf die Schädigung beruht, sondern das rasche Auftauen, und zwar gründet sich diese Annahme auf die Tatsache, daß es gelang, völlig eingefrorene Objekte bei allmählicher Temperatursteigerung am Leben zu erhalten. Diese Sachssche Interpretierung hat in neuerer Zeit von den verschiedensten Seiten Widerspruch erfahren, und so ist die schon 1830 von *Göppert* vertretene Anschauung zu Ehren gekommen, daß das Absterben der Pflanze schon beim Gefrieren oder wenig-

stens im Zustande des Gefrorenseins erfolgt. Allerdings sind in den letzten Jahrzehnten auch weitere Beobachtungen, z. B. von *Müller-Thurgau*, gesammelt worden, die zum Teil für *Sachs* sprechen, und so unternimmt es *Akerman*, das Problem von neuem aufzugreifen. Seine Versuche, die hauptsächlich mit Rotkohl angestellt wurden, und bei denen die Geschwindigkeit des Auftauens in der verschiedensten Weise abgestuft wurde, ergaben, daß die Wahrheit, wie so oft, in der Mitte liegt. Bei gewissen mittleren Kältegraden ist tatsächlich die Schnelligkeit des Auftauens von großem Einfluß. Vergleichserien, bei denen das Auftauen zum Teil in warmer Luft (langsam), zum Teil in warmem Wasser (rasch) erfolgte, ergaben im ersten Fall Erhaltenbleiben, im zweiten aber Absterben. Bei Temperaturen jedoch, die sehr wenig oder sehr tief unter Null liegen, ist die Geschwindigkeit des Auftauens ohne Bedeutung. Bei extremen Kältegraden erfolgt nämlich der Tod offenbar schon beim Gefrieren, und deshalb hat das vorsichtige Auftauen keinen Sinn mehr, und in einer Temperaturlage wenig unter Null ist die Pflanze auch einem sehr raschen Auftauen gewachsen. Die Versuche von *Akerman* machen es wahrscheinlich, daß die Schädigung raschen Auftauens wächst mit der Menge des in der Pflanze gebildeten Eises. Wird die Eisbildung durch Unterkühlung verhindert, dann erweisen sich die Objekte als völlig unbeschädigt.

Über die Biologie der Sukkulenten (*H. Amhaus*, Neudamm 1916). Die Sukkulenten haben sich von jeher besonderer Beliebtheit bei den Pflanzenzüchtern erfreut. Es ist deshalb zu begrüßen, wenn die Biologie dieser interessanten Gruppe in einer Weise dargestellt wird, daß auch der Laie daraus Nutzen ziehen kann. Diese Bedingung ist in der Abhandlung von *Amhaus* erfüllt, die zuerst in der Monatsschr. f. Kakteenkunde abgedruckt war, jetzt aber als selbständige Schrift vorliegt. Es wird zunächst ein Überblick über die geographische Verbreitung der Sukkulenten gegeben, wobei gleichzeitig der Zusammenhang zwischen Sukkulenz und Klima berücksichtigt wird. Dann wird in drei Kapiteln die Wasserökonomie der Sukkulenten (Wasserspeicherung, Wasseraufnahme und Transpirationsschutz) besprochen. Eine Tabelle gibt einen Überblick über den gewaltigen Wassergehalt, den manche sukkulente Kakteen aufweisen können. So wird für Mamillaria rodantha 96,2, für Echinocereus subinermis 93,9 % angegeben. Der großen Wasserarmut des Wüstenbodens wird vielfach durch gewaltige Ausdehnung des Wurzelsystems Rechnung getragen. Je nach den Bodenverhältnissen breiten sich die Wurzeln mehr in der Horizontalebene oder in der Tiefe aus. Als Verdunstungsschutz sind anzusehen: die oft völlige Reduktion der Blätter, die Verkleinerung der Oberfläche durch Kugelgestalt, die Verkorkung, die Wachsausscheidung und die Vertiefung der Spaltöffnungen. Daß die Wasserabgabe tatsächlich äußerst gering ist, kann man durch Wägungen feststellen. Neben den Schutzmitteln gegen zu starke Transpiration sind auch solche gegen übermäßige Besonnung und Erwärmung erforderlich. Hierher gehört bei den Kakteen die Kantenbildung, die Senkrechtstellung der assimilierenden Flächen, bei Flachsprossen die Einstellung in die Nord-Süd-Richtung (Kompaßpflanzen!), in manchen Fällen wohl auch die Wachsbildung (Reflexion der Strahlen!), die Haar- und die Stachelbildung; ferner sind in diesem Zusammenhange die Fensterblätter der Haworthien zu erwähnen, die ganz in die Erde verlagert sind und bei denen das Licht von oben eine besondere Schutzschicht durchdringen muß, ehe es zu den assimilierenden Zellen gelangt. Die Schlußkapitel behandeln die Schutzmittel gegen Tierfraß, die Vermehrungsweise der Sukkulenten und ihre Bedeutung als Nutzpflanzen im Haushalte des Menschen.

P. Stark.

Astronomische Mitteilungen.

Asymptotische Satellitenbahnen in der Nähe der Lagrangeschen Dreieckspunkte von *D. Buchanan* (Trans. Cambridge Philos. Soc. Vol. XXII, Nr. XV). Bewegen sich zwei Körper nach dem Newtonschen Gesetz in Kreisen um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt, dann gibt es, wie schon *Lagrange* bewiesen hat, fünf Punkte, in denen ein kleiner Körper (Massenpunkt) stehen kann, so daß er, trotz der Anziehungen der beiden Massen, keine Bewegung relativ zu ihnen ausführt, sondern mit der gleichen Geschwindigkeit wie diese um den Schwerpunkt rotiert. Drei von den fünf Punkten (Librationszentren) liegen auf der Verbindungslinie der beiden endlichen Massen; die beiden anderen liegen so, daß die Verbindungslinien zwischen den drei Körpern je ein gleichseitiges Dreieck ergeben. Wenn der Massenpunkt nicht genau in einem dieser Punkte steht, so ist seine Bewegung durch die Anfangsbedingungen, d. h. durch Richtung und Größe der Geschwindigkeit zu einer gegebenen Zeit, bestimmt. Drei Arten von Bahnen sind möglich, entweder der Massenpunkt entfernt sich beständig vom Librationszentrum, er bleibt also nur für kurze Zeit in seiner Nähe, oder er bewegt sich in einer geschlossenen Bahn um den Librationspunkt (periodische Bahn); oder aber er nähert sich auf einer Spirale laufend dem Librationszentrum bzw. einer periodischen Bahn, ohne je in endlicher Zeit sein Ziel zu erreichen. Solche Bahnen nennt man asymptotische Bahnen. Die vorliegende Arbeit beschränkt sich darauf, die asymptotischen Bahnen in der Nähe der Dreieckspunkte zu untersuchen. Der erste Teil behandelt die asymptotischen Bahnen, die ganz in der Ebene der Bewegung der beiden endlichen Massen liegen, während der zweite Teil den asymptotischen Bahnen mit drei Dimensionen gewidmet ist.

Den Ausgangspunkt der Untersuchung bilden die von *Moulton* (Celestial Mechanics und Periodic Orbits) gegebenen Differentialgleichungen für die Bewegung eines infinitesimalen Körpers. Die Lösung der Gleichungen geschieht durch Exponentialfunktionen. Die Natur der Bewegung ist bestimmt durch die Werte der Wurzeln der charakteristischen Gleichung, und diese sind Funktionen des Verhältnisses der endlichen Massen. Die charakteristische Gleichung ist eine spezielle Gleichung vierten Grades und besitzt entweder vier rein imaginäre oder zwei Paar konjugiert komplexe Wurzeln. Nun können periodische Bahnen nur dann entstehen, wenn die Wurzeln rein imaginär sind. Hierzu ist erforderlich, daß die kleinere Masse (m_2) kleiner sein muß als $^1/_{25}$ der größeren Masse (m_1). Andererseits können asymptotische Bahnen nur dann auftreten, wenn die Wurzeln der Gleichung komplex sind, wenn also $m_2 > {}^1/_{25}\, m_1$ ist. Es können also periodische und asymptotische Bahnen nicht gleichzeitig auftreten. Es gibt daher im ebenen Problem keine Bahnen, die sich asymptotisch einer periodischen Bahn nähern, sondern nur solche, die sich dem Librationszentrum asymptotisch nähern. Für die beiden Librationszentren gibt es, wie die Durchführung der Rechnungen zeigt, zweierlei reelle asymptotische Bahnen, die einen nähern sich mit wachsender,

die anderen mit abnehmender Zeit den Librationspunkten. Es ist aber bei einer gegebenen Bahn nicht möglich, aus dem Grenzwert des ersten Differentialquotienten die Richtung zu bestimmen, aus welcher der asymptotische Punkt erreicht wird. Die Kurven sind immer konkav gegen den asymptotischen Punkt. Ihre Form erinnert an eine unter 45° projizierte logarithmische Spirale.

Läßt man die Einschränkung fallen, daß die Bewegung in einer Ebene erfolgen soll, so ist es nicht nötig, der kleineren Masse die Bedingung $m_2 < 0{,}04\ m$ aufzuerlegen, um reelle periodische Bahnen zu erhalten. Für die asymptotischen Bahnen bleibt aber die Bedingung $m_2 > 0{,}04\ m_1$ weiterhin bestehen. Im dreidimensionalen Raume ist es daher möglich, Bahnen zu konstruieren, die sich asymptotisch einer periodischen Bahn nähern. Die Lösung ergibt auch in diesem Falle, wie zu erwarten war, zwei Scharen reeller asymptotischer Bahnen, deren Projektionen auf die x, y-Ebene spiralen-, auf die x, z- und y, z-Ebenen aber lemniskatenähnliche Kurven ergeben. Bei jeder folgenden Windung liegt die asymptotische Bahn zwischen den entsprechenden Zweigen der periodischen und der asymptotischen Bahn für die gleiche Phase der vorhergehenden Windung. Infolge der den Massen auferlegten Bedingungen sind asymptotische Bahnen in der Nähe der Dreieckspunkte im Sonnensystem unmöglich. *F. Pavel.*

Nachrichten über verschiedene Veränderliche. (Teils den Nummern 5029—5033 der Astr. Nachr., teils dem Beobachtungszirkular der A. N. entnommen.) **Einen neuen Veränderlichen, 77. 1919 Andromedae,** der ein Bedeckungsveränderlicher mit auffallend kurzer Bedeckungsdauer bei größerem Umfang des Lichtwechsels zu sein scheint, zeigt *Wolf* an. Der Ort für 1855 ist $\alpha = 0^h\ 37^m\ 53^s$, $\delta = +27°\ 57{,}3'$. Die normale photographische Helligkeit ist 10,7^m; 1919, Sept. 30 ging er in vielleicht einer Stunde unter die 13. Größe herunter. Wenn die Umlaufsperiode nicht sehr kurz ist, dürfte der Stern wahrscheinlich eine große Dichte besitzen. (A. N.) Von dem **Veränderlichen T T Ophiuchi** (1885: $16^h\ 42^m\ 24^s + 3°\ 53{,}5'$) teilt *Leiner* eine größere Reihe von Beobachtungen mit, die das bemerkenswerte Ergebnis hatten, daß der Lichtwechsel einen anderen Charakter zu haben scheint als bisher angenommen wurde. Der Lichtwechsel vollzieht sich in 61 Tagen mit einer Amplitude von rund 1,5^m (8,9^m—10,4^m) und da in jeder Periode zwei gleichhelle Maxima und zwei ungleichhelle Minima aufzutreten schienen, so rechnete man den Stern zum Bedeckungstypus nach Art von β Lyrae. *Leiners* Beobachtungen ergeben indessen eine Lichtkurve, die unmöglich von rotierenden Ellipsoiden mit Bedeckungen herrühren kann, außerdem ist die Lichtkurve anscheinend ziemlich erheblich veränderlich in einer Weise, die für β Lyrae-Sterne ungewöhnlich ist und mehr an gewisse, anscheinend dem δ Cephei-Typus nahestehende Veränderliche erinnert, bei denen auch zuweilen β Lyrae-ähnliche Lichtkurven beobachtet worden sind. Die weitere Bestätigung dieses Falles würde von großem Interesse für die Theorie dieser Veränderlichen sein. (A. N.) **R. Coronae borealis,** der erst im vorigen Sommer und Herbst ein Minimum durchlaufen hatte, das nach *Leiner* am 17. oder 18. September eintrat, hat gegen Ende Dezember nach *Nijland* wiederum begonnen, schwächer zu werden, nachdem er in der Zwischenzeit in seiner normalen Helligkeit gewesen zu sein scheint. (A. N. und B. Z.) **Die Helligkeit der Nova Aquilae** war nach *Luplau-Janssen* Ende September 1919 auf die Größe 7,7^m herabgesunken. Es scheinen immer noch — oder wieder — kurze Schwankungen der Helligkeit stattzufinden. (A. N.) **Von dem schwächsten der vier Hauptsterne des Oriontrapezes** ist es *Hartwig* am 6. Februar gelungen, ein weiteres Minimum zu beobachten (vgl. Naturwissenschaften, Heft 52, 1919). Der Stern war abends um $7^h\ 30^m$ M.E.Z. 0,2^m schwächer als gewöhnlich, um $12^h\ 19^m$ hatte er um weitere 0,5^m abgenommen und war um $13^h\ 10^m$ fast eine Größenklasse schwächer als in der gewöhnlichen Helligkeit. Die Algolnatur des Sternes dürfte damit gesichert sein. (B. Z.)

Zwei Höhlennebel im Cepheus. In Astr. Nachr. 5011 beschreibt *M. Wolf* zwei kleinere, schon vor Jahren von ihm aufgefundene Höhlennebel, deren genäherte Örter für 1855 sind: $\alpha = 22^h\ 47{,}6^m$, $\delta = +61°\ 22'$ und $\alpha = 22^h\ 51{,}0^m$, $\delta = +61°\ 51'$. Unter Höhlennebel, wie *Wolf* sie genannt hat, der zuerst nachdrücklich auf diese merkwürdigen Gebilde aufmerksam gemacht hat und dem man die Kenntnis einiger der schönsten Beispiele für dieselben verdankt, versteht man solche Nebel, die am Rande auffälliger Sternleeren stehen. Oft haben die letzteren die Gestalt langer, verzweigter Kanäle oder Furchen, die mit dem leuchtenden Nebel abschließen. Bei ihrer Betrachtung hat man ganz den Eindruck, als habe der Nebel beim Fortschreiten durch das Sterngewimmel die auf seinem Wege liegenden Sterne verschluckt, weggeräumt oder zum Erlöschen gebracht. An einen derartigen Prozeß denkt *Wolf* in der Tat, während *Seeliger* die Sternleeren für die Wirkung der Lichtabsorption von dunklen Nebelmassen hält, die mit dem leuchtenden Nebel im Zusammenhang stehen. Auch der große Orionnebel steht am Rande einer langgestreckten Sternleere. Die beiden obigen Höhlennebel liegen im Nordende von Sternleeren, die sich von Süden nach Norden erstrecken. Anscheinend stehen die beiden Nebel durch eine schwache Brücke in Verbindung; auch die zugehörigen Sternleeren scheinen in einem Zusammenhang miteinander zu stehen. Nicht weit von diesen Nebeln befinden sich die viel helleren, ebenfalls von *Wolf* zuerst beschriebenen Höhlennebel H IV 74 $\alpha = 21^h\ 0{,}5^m$, $\delta = +67°\ 46'$ 1900 und bei BD $+69°$ 1231 $\alpha = 22^h\ 10{,}0^m$, $\delta = +69°\ 32'$, 1855, von denen der erstere ebenfalls im Nordende, der letztere aber im Südende seiner Höhle ruht.

Im Bulletin Nr. 691 und 693 der Harvard-Sternwarte zeigt *Bailey*, der Nachfolger *Pickerings* in der Leitung der Harvard-Sternwarte, die nachträgliche **Auffindung zweier Neuen Sterne** auf photographischen Aufnahmen an. Der Ort der ersten Nova für 1900 ist $20^h\ 3^m\ 4^s$, $+17°\ 24{,}3'$ (Sternbild Sagitta), der Ort der zweiten für 1875 ist $18^h\ 24^m\ 6{,}2^s$, $-29°\ 28{,}9'$ (Sagittarius). Erstere war 1913 November 22 im Maximum (7,2^m) und ist jetzt schwächer als 14,5^m letztere war vor dem Aufleuchten 14. Größe mit geringen Schwankungen, 1901 wuchs sie auf etwa 11^m. Am 24. April 1919 war sie 7^m und nahm dann ab; im November 1919 war sie nur noch 12^m. Auf einer Aufnahme 1919 September 13 erscheint die Nova nebelig. *Guthnick.*

Berichtigung.

In den astronomischen Mitteilungen in Heft 19, S. 368, erste Spalte, Zeile 26 von unten, soll statt „des Spektrums" stehen „das Spektrum".

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner,* Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W. 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 21. (Seite 397—412) **21. Mai 1920.** **Achter Jahrgang.**

LIBRARY
JUL

INHALT:

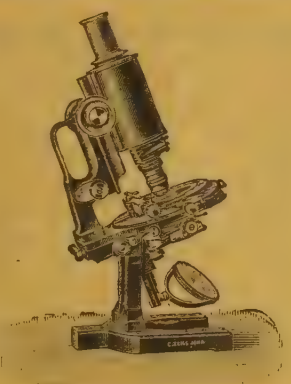
Eine Erneuerung der Darwinschen Zufallstheorie. Von *Hermann Kranichfeld, Oberlößnitz bei Dresden.* S. 397.

Ein Wachstumsgesetz. Von *A. Pütter, Bonn.* S. 402.

Technische Mitteilungen:

Die Verwitterung der Kohle. Über die Entgasung des Kesselspeisewassers. (Mit 2 Abbildungen.) Die Verwertung der Glimmwirkung elektrischer Leiter zum Schutze gegen Überspannungen. (Mit 1 Abbildung.) Über die künstliche Klärung des Bernsteins. Schußwirkung auf Beton und Eisenbeton. Thermoelemente ohne Platin zur Messung hoher Temperaturen. S. 407—412.

ZEISS



Mikroskope

und mikroskopische Hilfsapparate

Paraboloid-Kondensor

für Dunkelfeldbeleuchtung

Lupen, Epidiaskope

Projektions-Apparate

Kleiner Projektionsapparat für Diapositive

Druckschriften kostenfrei

BERLIN HAMBURG CARL ZEISS JENA WIEN BUENOS AIRES

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 18.– für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.80.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C. Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztewelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.
Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a. Rh.

Zur Leitung und zum weiteren Ausbau der Abteilung „Mikroskopische Präparate" einer größeren Anstalt wird eine hervorragend **tüchtige, jüngere**

wissenschaftliche Kraft

m. abgeschlossener Hochschulbildung u. mehrjähriger Praxis gesucht, die die gesamte mikroskopische Technik vollkommen beherrscht.

Es kommt nur ein Herr in Frage, der neben der wissenschaftlichen Befähigung Energie, Arbeitsfreudigkeit u. organisatorische Veranlagung besitzt.

Gefällige Angebote wolle man unter ausführlicher Darlegung des Bildungsganges und der bisherigen Tätigkeit unter **Nw. 203** „Wissenschaftliche Kraft" an die Expedition der Zeitschrift richten. (203)

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang Berlin
Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche
Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

Freunde der Himmelskunde
ladet die „Vereinigung v. Freunden d. Astron. u. kosm. Physik" (Vors. Geh. R. Foerster, Bornim-Potsdam) zum Beitritt ein. Näheres und Probehefte der „Himmelswelt" durch (180)
Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin S. W. 68.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Was wird aus dem Völkerbund?

Der Ruf nach einer neuen Haager Konferenz

Von

Ludwig Bernhard

ord. Prof. der Staatswissenschaften an der Universität Berlin

Preis M. 2.80
(und Sortimentszuschlag)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Enthüllungen aus dem französischen Generalstab

General Gérard und die Pfalz

Von **Paul Jacquot**
Major im Generalstab der frz. VIII. Armee
Herausgeber Dr. **Ritter-Mannheim**
Preis M. 6.60 (und Sortimentszuschlag)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 21. Mai 1920. Heft 21.

Eine Erneuerung der Darwinschen Zufallstheorie.

Von Hermann Kranichfeld, Oberlößnitz bei Dresden.

Zwei unserer bedeutendsten Biologen *J. von Wiesner* und *Oskar Hertwig* haben uns in letzter Zeit eine Zusammenfassung ihrer wissenschaftlichen Lebensarbeit geschenkt und dabei ihre endgültige Stellung zum Entwicklungsproblem dargelegt[1]). Sie wenden sich beide bestimmt von der „Darwinschen Zufallstheorie" ab. Im Gegensatz zu dieser Auffassung hat nun *Kurt Stern* in dem Artikel: Das Deszendenzproblem im Lichte der Biologie und Thermodynamik[2]), diese Theorie in schärfster Form wieder vertreten. Die phylogenetische Entwicklung kommt nach ihm nur durch eine Häufung durchaus zufälliger Variationen, die auf der Einwirkung der verschiedenen äußeren Umweltsfaktoren beruhen, zustande. Von besonderem Interesse ist dabei seine Behauptung, daß die Gesetzmäßigkeiten der thermodynamischen Vorgänge auch für das phylogenetische Geschehen gelten sollen, und daß schon damit der Analogieschluß auf den Zufallscharakter der phylogenetischen Variationen an die Hand gegeben sei. Diesem Gedanken hat auch *H. Freundlich* (Dahlem) in seinem Aufsatz über die Entstehung der Mutationen zugestimmt[3]). Doch muß er bei der rhapsodischen Art der Durchführung, die ihm *K. Stern* zuteil werden läßt, erst einer näheren Prüfung unterzogen werden, ehe man auf ihm weiterbauen kann. Auf den ersten Blick scheint er nur ein geistreicher Einfall zu sein. Die Kritik muß zeigen, ob er mehr als das ist.

Da die Veröffentlichung *Sterns* etwas weiter zurückliegt, wird es sich empfehlen, den ganzen Gedankengang *Sterns* vorher kurz zusammenzufassen. Nach ihm entstehen die erblichen Abänderungen durch direkte oder indirekte Einwirkung der Umwelt auf das Keimplasma. Wenn auch in der Regel die äußeren Faktoren nur bei der ontogenetischen Entwicklung in Tätigkeit treten und dabei die nichterblichen Modifikationen (Somationen, Standortsmodifikationen, funktionellen Anpassungen) hervorrufen, während das ruhende Keimplasma unverändert bleibt, so sollen sie doch nach *Stern*, wenn eine gewisse Reizschwelle überschritten ist, auch das ruhende Keimplasma verändern und, da sie selbst allseits gerichtet, ungeordnet und zufällig sind, rein zufällige, erbliche Abänderungen, in denen sich dann die phylogenetische Entwicklung vollzieht, erzeugen. Da man dieselben jedoch bei den Johannsenschen Biotypen, wo man sie eigentlich erwarten müßte, nicht feststellen kann, nimmt *Stern* an, daß sie sich wegen ihrer Geringfügigkeit meist der Beobachtung entziehen und erst durch Häufung Selektionswert erhalten. Übrigens bleiben sie, wie *Stern* besonders *Darwin* gegenüber hervorhebt, auch ohne Selektionswert erhalten, wenn sie überhaupt erhaltungsfähig sind und sind dann die Ursache für das Auftreten der zahlreichen, physiologisch indifferenten Formen.

Stern gibt nun zu, daß seine Theorie der Entwicklung auf Grund allseitiger, zufälliger, erblicher Variationen durch die Erfahrung nur ungenügend gestützt ist, doch glaubt er, daß sie an Wahrscheinlichkeit gewinnt, wenn man sie im Lichte der thermodynamischen Vorgänge betrachtet. Thermodynamische und phylogenetische Vorgänge sind nach ihm analoge Erscheinungen, da uns bei jenen in der Entropie eine *bestimmt gerichtete, irreversible Wärmebewegung,* bei dieser in der stetig fortschreitenden Entwicklung physiologisch indifferenter Merkmale und im *Dolloschen* Gesetz eine *bestimmt gerichtete, irreversible* Entwicklung entgegen tritt. Beruht die Entropie, wie wir jetzt annehmen dürfen, auf den rein zufälligen, ungeordneten Bewegungen der Moleküle, so kann man, wenn die von *Stern* angenommene Analogie besteht, schließen, daß auch die bestimmt gerichtete, irreversible phylogenetische Entwicklung, wie *Stern* es will, auf *zufällige* Variationen zurückzuführen ist. *Stern* erhebt sich zum Schluß auf einen allgemeinen Standpunkt und folgert aus seinen Aufstellungen, daß die ganze Entwicklung im Reiche des Anorganischen und des Organischen von einem Grundprinzip beherrscht ist, welches alles Werden in der Natur mit einem einheitlichen umfassenden Band verknüpft: dem Gesetz des Zufalls.

Wir haben in den Sternschen Ausführungen die biologischen Annahmen und den Analogiebeweis zu unterscheiden. Hier müssen wir uns in der Hauptsache auf eine Kritik des Analogiebeweises beschränken, der ja auch den Kern der Sternschen Ausführungen bildet. Die Schwäche seiner biologischen Annahmen ist ihm selbst nicht entgangen.

---

[1]) *J. von Wiesner*, Erschaffung, Entstehung, Entwicklung und über die Grenzen des Entwicklungsgedankens, Berlin 1916, Gebr. Paetel. *Oskar Hertwig*, Das Werden der Organismen, Eine Widerlegung von *Darwins* Zufallstheorie. Jena 1916, G. Fischer.

[2]) Naturwissenschaften 1918, S. 585 ff.

[3]) Prof. Dr. *H. Freundlich* (Dahlem), Das Auftreten einer Mutation vom Standpunkte der Wahrscheinlichkeit, Naturwissenschaften 1919, S. 832 ff.

K. Stern kehrt in seinem Analogieschluß in überraschender Weise das Verhältnis, in welchem vor ihm bestimmte Richtung und Irreversibilität der phylogenetischen Entwicklung als Beweismittel zur Frage der Zufallstheorie standen, geradezu um.

Bekanntlich war der alte Darwinismus nicht imstande, die in bestimmter Richtung fortschreitende Entwicklung physiologisch indifferenter Merkmale und die Irreversibilität der Entwicklung, wie sie im Dolloschen Gesetz hervortritt, mit der Entstehung der Arten aus zufälligen Variationen in Einklang zu bringen, da die natürliche Zuchtwahl bei physiologisch indifferenten Merkmalen nicht eingreifen kann und auch der Versuch *Weismanns*, die betreffenden Erscheinungen auf eine „Germinalselektion" zurückzuführen, als gescheitert aufgegeben werden mußte; da sich ferner hinsichtlich des Dolloschen Gesetzes vom darwinistischen Standpunkt aus nicht verstehen ließ, warum ein reduziertes Organ nach Herstellung der früheren äußeren Bedingungen nicht wieder unter dem Zwang der natürlichen Zuchtwahl in integrum restituiert werden sollte. Die bestimmte Richtung und die Irreversibilität der phylogenetischen Entwicklungsvorgänge war darum für viele Forscher mit eine Hauptveranlassung, die Hypothese der zufälligen Variationen fallen zu lassen und auch für die phylogenetische Entwicklung, wie es *Wiesner* für die ontogenetische tat, „ein auf *innere* Potenzen des sich Entwickelnden beruhendes, gesetzmäßig fortschreitendes, einem bestimmten Ziele zustrebendes Werden" anzunehmen.

Im Gegensatz dazu schließt *Stern*, indem er die Analogie der thermodynamischen Vorgänge zu Hilfe nimmt, gerade aus der bestimmten Richtung und der Irreversibilität der Entwicklungsvorgänge, daß die Variationen zufällig sein müßten.

Es handelt sich nun um die Frage, ob die von *Stern* angenommene Analogie tatsächlich vorhanden ist, ob wirklich eine Übereinstimmung zwischen den thermodynamischen und den phylogenetischen Vorgängen besteht und, soweit sie in den von *Stern* hervorgehobenen Vergleichspunkten hervortritt, zu dem betreffenden Analogieschluß ausreicht.

Eine bestimmt gerichtete, irreversible Entwicklung physiologisch indifferenter Merkmale läßt sich zweifellos nachweisen. Schon *Neumayr* hob hervor, daß bei dem Studium der Entwicklungsreihen das streng gesetzmäßige Festhalten der Entwicklung an bestimmten Richtungslinien auffalle. Während ein Teil der Merkmale nur unregelmäßigen, kleinen Schwankungen unterworfen sei, änderten andere Merkmale nach ganz bestimmten Richtungen ab. Bei der Formenreihe des Phylloceras bleibe z. B. gleich die allgemeine Gestalt, die Skulptur, die Zahl und Stellung der Loben; dagegen zeige sich in betreff der Gestalt der Loben eine streng eingehaltene Variationsrichtung, die in immer stärkerer Zerschlitzung der Loben und Vermehrung der Sattelblätter in die Erscheinung trete. Später haben *Eimer* an der Entwicklung der Zeichnung bei Schmetterlingen, Eidechsen, Vögeln und Säugetieren, *Hyatt* und *Württemberger* an der Umbildung der Ammonitenschalen, die Gräfin *von Linden* an der Entwicklung der Zeichnung und Skulptur der Gehäuseschnecken des Meeres, *Diez* an der Skulptur der Flügeldecken von *Carabus* gezeigt, daß in der Tat die Umbildung physiologisch ganz indifferenter Merkmale nach festen Richtungen erfolgt. Bei der Menge der gesammelten Beobachtungen kann die Existenz bestimmt gerichteter Variationen nicht mehr bezweifelt werden. Auch *Weismann* räumte ein, daß die betreffenden Abänderungen „mit einer wunderbaren Sicherheit vorwärts schreiten". Ebenso wird jetzt allgemein die Geltung des Dolloschen Gesetzes, nach welchem ein einmal reduziertes Organ nicht wieder in integrum restituiert werden kann und damit die phylogenetische Irreversibilität anerkannt. Bestimmte Richtung und Irreversibilität der Vorgänge sind daher Begriffe, die sowohl in der Theorie der Thermodynamik wie der Phylogenetik gebraucht werden; es fragt sich nur, ob sie sich decken und ob nicht der Sternsche Analogieschluß auf dem logischen Fehler der Quaternio terminorum beruht.

Bei den thermodynamischen Vorgängen sind die Verhältnisse unter den Voraussetzungen der atomistisch-mechanischen Theorie vollständig durchsichtig. Nehmen wir mit letzterer an, daß es sich bei jenen Vorgängen um fortschreitende Bewegungen kleinster Teile in einem geschlossenen System handelt, bei denen infolge der zufälligen Zusammenstöße fortwährende Änderungen der Geschwindigkeiten der einzelnen Teilchen stattfinden, so können wir die Entropie oder die bestimmte Richtung der Wärmebewegung logisch aus den Voraussetzungen ableiten. Es läßt sich berechnen, daß gewisse mittlere Geschwindigkeiten der einzelnen Teilchen sehr viel häufiger vorkommen müssen als von ihnen abweichende größere oder geringere Geschwindigkeiten. Besitzen daher zufällig an einzelnen Stellen des Systems zahlreiche Moleküle eine größere bzw. geringere Geschwindigkeit als dem Durchschnitt entspricht, so müssen die damit gegebenen Unterschiede, wenn sie nicht künstlich erhalten werden, d. h. wenn das System geschlossen bleibt, sich notwendig unaufhaltsam wieder ausgleichen. Das Analoge gilt übrigens hinsichtlich der Diffusion. Bei ihr wird nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung unter den Voraussetzungen der atomistisch-mechanischen Theorie in der Raumeinheit in der Mehrzahl der Fälle die durchschnittliche Zahl der kleinsten Teilchen vorhanden sein. Sind zufällige Abweichungen von diesem Zustande gegeben, indem etwa zwei Gefäße, deren Gasinhalt sich unter verschiedenem Druck befindet, miteinander verbunden werden, so muß sich

wenn das System sich selbst überlassen bleibt, der mittlere Zustand herstellen, welcher der Majorität der Fälle entspricht. Die bestimmte Richtung der physikalischen Vorgänge zielt daher auf die Aufhebung der Differenzierung. Eine Parallele auf biologischem Gebiete haben wir etwa in den Fällen des Rückschlags, auf die *Darwin* hinweist, wenn von einer Schar von Tauben verschiedener Rassen, die auf einer einsamen Insel sich selbst überlassen sind, nach einer Reihe von Jahren als Resultat der Kreuzungen unter Auslöschung aller Differenzierungen die ursprüngliche Rasse der grauen Feldtaube hervorgeht, oder wenn die auf einem Gartenbeet vereinigten Rosensorten ohne Pflege des Gärtners in die wilde Rose zurückschlagen.

Die bestimmt gerichteten Vorgänge der phylogenetischen Entwicklung bilden dagegen geradezu den diametralen Gegensatz zu den bestimmt gerichteten thermodynamischen Vorgängen. Sie zielen nicht auf eine Ausgleichung, sondern auf eine Steigerung und Vermehrung der vorhandenen Differenzen. Das Ende der thermodynamischen Vorgänge ist die vollständige Entropie, d. h. der Ausgleich aller Wärmeunterschiede, das Ziel der phylogenetischen Entwicklung das Auseinandergehen der Stämme in immer zahlreichere und differenziertere Arten und Varietäten. Ein ähnlicher Gegensatz findet hinsichtlich des Begriffs der Irreversibilität statt. Allerdings ist es hier nicht ganz klar, was man bei dem Dolloschen Gesetz als Differenzierung zu bezeichnen hat. Besteht dieselbe aber, wie man doch konsequenterweise annehmen muß, in der Reduktion der Organe, so müßte das Dollosche Gesetz, wenn phylogenetische Irreversibilität und das, was man als thermodynamische Irreversibilität bezeichnet, sich entsprechen sollen, lauten: Ein reduziertes Organ wird unter veränderten äußeren Umständen wieder in integrum restituiert und bleibt dann erhalten. Das Dollosche Gesetz stellt gerade das Gegenteil fest. Aber auch abgesehen davon, daß der Begriff der thermodynamischen Irreversibilität auf die phylogenetischen Vorgänge angewandt zu Vorstellungen führt, die mit den Tatsachen in Widerspruch stehen, ist die Gleichstellung von phylogenetischer und thermodynamischer Irreversibilität schon deswegen nicht zulässig, weil letztere in Wirklichkeit gar nicht existiert.

Schon *Boltzmann* hatte darauf hingewiesen. Er hob hervor, daß bei Geltung der atomistisch-mechanischen Theorie alle physikalischen Vorgänge umkehrbar, „reversibel", sein müssen. Doch schlug seine Auffassung erst durch, nachdem *Smoluchowski* bei seinen Berechnungen von unmittelbaren Beobachtungen: den Brownschen Molekularbewegungen und den Svedbergschen Zählungen der ultramikroskopischen Teilchen in einem bestimmten kleinen Raum einer kolloidalen Goldlösung ausgegangen war. Bei den Brownschen und Svedbergschen Beobachtungen wird die Umkehr der Wärmebewegung und der Diffusion direkt sichtbar. Wenn bei den *Brownschen* Bewegungen ein Teilchen vom Boden in die Höhe geschleudert wird, so ist dies im wesentlichen die gleiche Umkehr des thermodynamischen Vorganges, als wenn die Wärme, welche ein Stein durch seinen Fall auf eine feste Unterlage erzeugt, sich in mechanische Energie zurückverwandeln würde und der Stein sich von selbst in die Luft erhöbe; und wenn *Svedberg* in dem kleinen Beobachtungsraum mit der mittleren Zahl von 1,55 Teilchen Abweichungen zwischen 0 und 7 Teilchen beobachten konnte, so hatte er da Entmischungen unmittelbar vor seinen Augen, die als eine Umkehr des Diffusionsvorganges angesehen werden müssen.

Werden daher zwei Behälter mit Gas, das in ihnen unter verschiedenem Druck steht, miteinander verbunden, so können wir wohl einen Diffusionsvorgang verfolgen, der nicht aussetzt, bis in beiden Gefäßen der mittlere Gasdruck hergestellt ist. Doch schreitet die Diffusion nur scheinbar ununterbrochen vorwärts. Denn tatsächlich finden stets in einzelnen Teilen der Gefäße auch Entmischungen statt, die nur in der Regel durch die Majorität der den mittleren Kombinationen entsprechenden Fälle verdeckt werden, aber doch zufällig auch einmal zu der ursprünglichen Differenzierung, von welcher der Versuch ausging, führen können. Die wahrscheinliche Wiederkehrzeit wächst jedoch mit der Größe des Volumens des in Betracht kommenden Raumteils, ferner mit der Zahl der Teilchen und der Größe der Abweichung nach der von *Smoluchowski* aufgestellten Formel in ungeheurer Progression. Schon bei einer mit Sauerstoff unter gewöhnlichem Druck gefüllten Kugel mit dem Radius von 1 cm und einer Abweichung von 1 % beträgt die wahrscheinliche Wiederkehrzeit $10^{(10^{14})}$ Sekunden, also eine unausdenkbar lange Zeit.

Während so die physikalische Irreversibilität nur durch die lange Wiederkehrzeit vorgetäuscht wird, kennt man bisher für das auf dem phylogenetischen Gebiet geltende Dollosche Gesetz keine Ausnahme.

Doch wird mit diesem Nachweis, daß sich die Begriffe der bestimmten Richtung der Entwicklung und der Irreversibilität auf den beiden Gebieten der Thermodynamik und der Phylogenetik nicht decken, der Sternsche Analogieschluß nicht schon ungültig.

Bei den Analogieschlüssen folgert man aus der Übereinstimmung von zwei Erscheinungen in bezug auf gewisse Eigenschaften oder Bedingungen die wahrscheinliche Übereinstimmung der nämlichen Erscheinungen in bezug auf *andere* Eigenschaften oder Bedingungen. Das Schema des Analogieschlusses ist:

M hat die Eigenschaft *X*.
S stimmt mit *M* in den Eigenschaften *a*, *b*, *c*, . . . überein.

Also hat *S* wahrscheinlich auch die Eigenschaft *X*.

Aber bei dem Analogieschluß müssen die Erscheinungen, welche bei dem Schluß in Betracht kommen, wohl in gewissen Punkten übereinstimmen. Diese Übereinstimmung erfordert jedoch nicht Gleichheit, sondern nur Gleichartigkeit (Analogie), die Verschiedenheiten nicht ausschließt. Die Berechtigung des Sternschen Analogieschlusses ist daher durch den Nachweis, daß bestimmte Richtung und Irreversibilität bei den Wärmevorgängen und der phylogenetischen Entwicklung einen verschiedenen Charakter besitzen, zwar zweifelhaft geworden, aber sie ist damit nicht schon als definitiv widerlegt anzusehen, denn eine gewisse Analogie jener Vorgänge könnte doch noch immer behauptet werden. Dagegen muß bei den Analogieschlüssen, wenn sie gültig sein sollen, noch eine zweite Voraussetzung gemacht werden können, die hier nicht erfüllt ist. Wenn aus dem Umstand, daß zwei Geschehnisse, die verschiedenen Gebieten des Geschehens angehören, wie die thermodynamischen und die phylogenetischen Vorgänge, in gewissen Punkten übereinstimmen, geschlossen werden soll, daß auch die Bedingungen des einen Geschehnisses die des anderen sind, so muß vorher festgestellt sein, daß auf den beiden Gebieten des Geschehens wenigstens hinsichtlich der Vorgänge, welche die Bedingungen der betreffenden Geschehnisse ausmachen, die gleichen Gesetzmäßigkeiten gelten.

Daß dies unter den Voraussetzungen, die *Stern* macht, nicht der Fall ist, läßt sich nun mit Sicherheit feststellen. Die Wärmeerscheinungen gasförmiger und flüssiger Körper beruhen auch nach ihm auf der fortschreitenden Bewegung ungeordneter kleinster Teilchen, deren Geschwindigkeit und Richtung in einem geschlossenen System nur von ihren zufälligen Zusammenstößen abhängig sind. Die von *Smoluchowski* aufgestellten Gleichungen sind der mathematische Ausdruck für die Gesetzmäßigkeiten, die wir unter diesen Verhältnissen — aber auch nur unter diesen Verhältnissen — nach dem mechanischen Prinzip annehmen müssen. Ganz andere Bedingungen gelten nun aber für den Genotyp. In ihm müssen sich die verschiedenartigen Moleküle in einer bestimmten Ordnung und Stellung zueinander befinden und Bewegungen nach bestimmten Regeln, die sich in Millionen von Jahren nicht ändern, vollziehen, so daß in jeder Generation ein Ablauf derselben zustande kommt, der die Herstellung eines in sich harmonischen Organismus, des größten Kunstwerkes, das man sich denken kann, zum Ziele hat. Wie streng diese Regeln sind, hat besonders die in neuerer Zeit nachgewiesene „Zellkonstanz“ niederer Organismen gezeigt.

Daß die bestimmt gerichteten Vorgänge und deren Irreversibilität auf den beiden Gebieten des Geschehens nicht nur einen verschiedenen Charakter besitzen, sondern daß auch die Gesetzmäßigkeiten, die zu ihnen führen, verschieden sein müssen, dafür sprechen neben theoretischen Erwägungen übrigens auch bestimmte in die Augen springende Eigentümlichkeiten ihres Verlaufes. Bei dem thermodynamischen Geschehen haben wir es mit einem in bestimmter Richtung sich vollziehenden *stetigen* Vorgang zu tun, der in keinem Moment, wenn auch einzelne Rückschläge erfolgen, vollständig aussetzt. Die Temperaturunterschiede zweier sich in Berührung befindenden Körper gleichen sich nicht ruckweise, sondern in einem zwar allmählich schwächer werdenden, aber ununterbrochen andauernden Prozesse aus. Dagegen vollzieht sich die bestimmt gerichtete phylogenetische Entwicklung stoßweise. Sie kann Jahrtausende hindurch sistieren und hält bei der fortschreitenden Differenzierung gerade nur die selten auftretenden Abweichungen, die Minoritätsfälle, fest. Auch bei den thermodynamischen und den Diffusionsvorgängen kommen solche seltenen Abweichungen vor. Nach $10^{(10^{14})}$ Sekunden kann, wie wir sahen, erwartet werden, daß bei einer mit Sauerstoff unter gewöhnlichem Druck gefüllten Kugel von 1 cm Radius hinsichtlich der Anzahl der in ihr enthaltenen Teilchen eine Differenz von 1 % eintritt. Aber die bestimmt gerichtete Entwicklung geht auf den Gebieten der Thermodynamik und Diffusion nicht in der Richtung der Minoritätsfälle weiter, so daß etwa die Differenzierung im Verlauf der Jahrmillionen immer größer würde, sondern in der Richtung der Majoritätsfälle, welche der mittleren Geschwindigkeit bzw. Anzahl der Teilchen entsprechen und die Differenzen schließlich zum Ausgleich bringen.

Zu diesem Gegensatz der Gesetzmäßigkeiten, der mit der verschiedenen Natur von Genotyp und geschlossenem Smoluchowskischen System zusammenhängt, würde, wenn die Voraussetzungen richtig wären, die *Stern* für die Entstehung der erblichen Abweichungen macht, noch ein weiterer Gegensatz kommen. Sie sollen auf der Einwirkung der Umweltsfaktoren beruhen, also auf die Einwirkung der Faktoren eines anderen Systems auf das System des Genotyps zurückzuführen sein, während die mathematischen Formeln *Smoluchowskis* nur für ein geschlossenes System gelten.

Da so auch die Gesetzmäßigkeiten, welche zur „bestimmten Richtung“ und zur „Irreversibilität“ der thermodynamischen und der phylogenetischen Vorgänge führen, verschieden sind, ist der von *K. Stern* gezogene Analogieschluß zu beanstanden. Die von ihm angenommene Analogie ist nicht vorhanden.

Auf die zweite Frage, ob sich die Sternsche Auffassung biologisch rechtfertigen läßt, kann ich hier nicht näher eingehen, doch möchte ich über seine biologischen Annahmen zum Schluß wenigstens noch einige kurze Bemerkungen machen.

Nach *Stern* sollen, wie bereits erwähnt, alle erblichen Abänderungen auf Einfluß der wech-

selnden zufälligen äußeren Faktoren auf den Genotyp zurückzuführen sein. Er gibt nicht an, wie man sich diesen Vorgang vorzustellen hat. Doch wird das unter den Sternschen Voraussetzungen etwa in der von *H. Freundlich* angenommenen Weise geschehen müssen[4]). Danach schwankt im ruhenden Keimplasma die Anzahl der bei den aufeinanderfolgenden chemisch-physikalischen Vorgängen beteiligten Moleküle infolge äußerer Umstände um einen Mittelwert. Tritt nun in dem Moment, in welchem in der Keimzelle gerade eine sehr erhebliche Veränderung einer Molekülzahl statt hat, die Befruchtung ein, welche den Ablauf der Reaktionsgruppen einleitet, so soll eventuell statt des gewöhnlichen Ablaufes ein grundsätzlich veränderter Ablauf vor sich gehen, bei dem die Geschwindigkeiten der Reaktionen und ihre Verknüpfungen andere sind. Damit ist dann nach *H. Freundlich* eine Mutation gegeben.

Die Schwankungen der Molekülzahl um den Mittelwert müssen, da sie von zufälligen äußeren Faktoren abhängig sein sollen, der Gaußschen Fehlergleichung folgen. Das heißt: Je größer die Abweichungen sind, desto seltener werden sie auftreten. Da die Befruchtung nun außerdem nicht nur die Aufgabe hat, den Entwicklungsvorgang auszulösen, sondern auch die Gene zu vermischen, so muß auch für das männliche Gen eine entsprechende zufällige Abweichung der Molekülzahl vom Mittel angenommen werden, wenn ein veränderter Ablauf der Reaktionen eintreten soll. Dadurch wird die wahrscheinliche Wiederkehrzeit einer zur Mutation führenden Schwankung außerordentlich erhöht. Das seltene Auftreten der Mutationen würde damit in Einklang stehen. Aber jedenfalls können die von *H. Freundlich* hervorgehobenen Momente, auch wenn wir sie als gegeben annehmen, nur den ersten Schritt einer Mutation, die erste Abweichung vom gewöhnlichen Reaktionsverlaufe verständlich machen. Soll auf diese Störung wieder eine geregelte Folge von Entwicklungsstadien, die zu einem neuen Organismus führt, Platz greifen, so setzt das entweder das Vorhandensein eines regelnden teleologischen Prinzips voraus, oder, wenn man das nicht annehmen will, einen neuen hochkomplizierten Mechanismus, dessen Entstehung auch wohl *Stern* kaum auf die bloße Einwirkung zufälliger äußerer Faktoren zurückzuführen imstande sein wird.

Sollen die Mutanten für die phylogenetische Entwicklung eine Bedeutung gewinnen, so müssen sie ferner nicht nur existenzfähig sein, sondern auch eine gewisse *Daseinsdauer* besitzen. Die einzelne Mutante muß so lange bestehen, bis sie sich fortpflanzen kann und die eventuell aus ihr hervorgegangene Varietät sich so lange behaupten, bis sie eine neue Mutante hervorgebracht hat, welche zur Trägerin der phylogenetischen Weiterentwicklung werden kann. Es gilt für sie zwei Gefahren zu überwinden, die Gefahr des Kampfes ums Dasein, die ihr den Untergang droht, und die Gefahr der freien Kreuzung, die, solange sie vereinzelt auftritt, ihre Eigentümlichkeit notwendig auslöscht. Die letzte Gefahr wird auch nicht durch die Geltung der *Mendel*schen Gesetze, wie es auf den ersten Blick scheinen könnte, abgewandt[5]).

Dazu kommt noch eine Forderung, auf die Verfasser schon früher hingewiesen hat[6]). Die einzelne Mutante muß sich nicht nur durchsetzen, die verschiedenen nacheinander auftretenden Mutanten müssen auch die Kontinuität bewahren. Sind die erblichen Abänderungen $a_1, a_2, a_3, \ldots a_n$ für die Bildung einer Form erforderlich, so genügt es nicht, daß die betreffenden Mutationen überhaupt zustande kommen und erhalten bleiben. Es müssen vielmehr an den Formen, welche die Abänderung a_1 erfahren haben, auch die Abänderungen $a_2, \ldots a_n$ in richtiger Aufeinanderfolge auftreten. Kommt etwa die Abänderung a_5 an einer Form vor, die nicht auch die Abänderungen a_1—a_4 gehäuft hat, so kann sie zur Weiterführung der Entwicklung nichts beitragen. Der Wahrscheinlichkeitsgrad für die Verwirklichung der Forderung, daß eine zufällige erbliche Abänderung a_5 gerade an den wenigen Individuen, welche bereits a_1—a_4 gehäuft haben, erscheint, läßt sich auf einen mathematischen Ausdruck bringen. Bei einer Population von 100000 Individuen würde er $\left(\frac{m}{100\,000}\right)^5$ sein, wenn m die Anzahl der Individuen mit der Abänderung a_1 bezeichnet und angenommen werden könnte, daß auch die Abänderungen a_2—a_4 sich nach und nach an m Individuen vollzogen hätten. Der Wahrscheinlichkeit nach wird jedoch, auch wenn m für die Individuen mit der Abänderung a_1 relativ groß ist, nur ein einziges Individuen die Abänderungen a_1 und a_2 häufen. Der Wahrscheinlichkeitsgrad für eine Häufung von n Abänderung reduziert sich daher bei einer Population von x Individuen auf $y = \frac{m}{x}\left(\frac{1}{x}\right)^{n-1}$. Dieser Ausdruck nähert sich bei der großen Anzahl von Inkrementen, welche *Stern* voraussetzen muß, der Null. Jedenfalls müssen, das sagt eine einfache Überlegung auch ohne mathematische Formulierung, wenn nur das Gesetz des Zufalls gilt, ungezählte Generationen vergehen, bis jedesmal an einem Individuum die zufällige erbliche Abänderung auftritt, welche die Entwicklung weiter führen würde. Infolgedessen werden die vorhergehenden Stufen durch Kreuzung stets bis auf

[4]) *H. Freundlich*, Naturwissenschaften 1918, S. 585 ff.

[5]) *H. Kranichfeld*, Wie können sich Mutanten bei freier Kreuzung durchsetzen? Biolog. Zentralblatt 1910, S. 593 ff.

[6]) *H. Kranichfeld*, Die Wahrscheinlichkeit der Erhaltung und der Kontinuität günstiger Varianten in der kritischen Periode. Biol. Zentralblatt 1905, S. 657 ff. Derselbe, Die Erhaltung und die Kontinuität günstiger Varianten. Biol. Zentralblatt 1906, S. 244 ff.

die letzte Spur getilgt sein, bevor die neue erscheint.

K. Stern versucht nicht die Schwierigkeiten, welche sich hier bei Annahme rein zufälliger, physiologisch indifferenter Abänderungen ergeben, zu lösen. Es erübrigt sich deswegen, auf diese Fragen näher einzugehen. Wohl will er aber den Tatsachenbeweis dafür führen, daß „wie in der anorganischen Entwicklung alle möglichen Zustände nach Wahrscheinlichkeit und Zufall durchlaufen, so auch im Organischen alle Themen, Ideen und Aufgaben der Natur nach allen Richtungen variiert werden". Er erinnert an die verschiedenen Lösungen des Flugproblems bei Insekten, fliegenden Fischen, Flugechsen, Fledermäusen und Vögeln und an die verschiedenen Arten der Insektenbestäubung und erklärt diese angeblich „allseits gerichtete" Mannigfaltigkeit für eine Folge der allseits gerichteten, zufälligen und ungeordneten Einwirkung der Außenwelt auf die Organismen. Dabei verkennt er aber, daß jene Verschiedenheiten im Organischen gar nicht „allseits gerichtet", sondern eng begrenzt und durch die Natur des sich entwickelnden Genotyps bestimmt sind. So können beim Aufbau der Organe nur die Gewebsarten verwandt werden, welche dem Typus eigentümlich sind. Es müssen daher bei den Fischen, denen das Stratum corneum fehlt, die hornigen Gebilde der höheren Wirbeltiere durch andere ersetzt werden. Ebenso stand den Reptilien und Säugetieren, wenn sie sich in die Lüfte erhoben, das für die Konstruktion des Flugwerkzeugs geeignetste Material, die Feder, nicht zu Gebote. Es traten bei ihnen dafür Flughäute ein. Bei den Säugetieren, welche ein Haarkleid besitzen, konnte die Flugbewegung noch durch einen behaarten Schwanz unterstützt werden. Eine wesentlich andere Konstruktion der Flügel war wieder bei den Insekten durch die ihnen eigentümliche Gewebsart, das Chitin, bedingt. Wenn ferner etwa die Schmetterlinge bei ihrem Schutzkleid mehr die trübe gefärbten, verwelkenden Blätter, die Heuschrecken das hellere Grün des frischen Laubes nachahmen, so ist das ebenfalls zum Teil mit darin begründet, daß in dem Genotyp der verschiedenen Abteilungen der Insekten verschiedene Farbstoffe leichter disponibel sind. Auch die ganze Organisation der betreffenden Tier- und Pflanzenklasse kommt für das Einschlagen der einen oder der anderen Entwicklungsrichtung wesentlich mit in Betracht. Wenn bei den Befruchtungsvorgängen der Blütenpflanzen das die Befruchtung vermittelnde Insekt farbenblind ist, so kann die Farbe nicht als Lockmittel dienen. Auf die Frage, wie es kommt, daß die Aufgaben der Natur in so verschiedener Weise gelöst werden, hat schon *Nägeli* die richtige Antwort gegeben. Wenn dem Schutz der Pflanze gegen feindliche Tiere in gleicher Weise eine verstärkte äußere Hülle oder die Bewehrung mit Dornen und Stacheln oder eingelagerte Giftstoffe dienen können, dann wird, wie er sagt, die Natur diejenigen Schutzmittel wählen, bei welchen die vorhandenen Baustoffe die Ausführung am meisten erleichtern. So ist die Natur durch innere Bedingungen gezwungen, ganz verschiedene Wege einzuschlagen, um den gleichen Zweck zu erreichen[7]).

Innere Bedingungen können es auch nur sein, welche die Vervollkommnung physiologisch indifferenter Formen herbeiführen. Daß letzteres der Fall ist, gibt *Stern* zu. Auch nach ihm „klimmt die Natur allmählich zu immer höheren Stufen empor". Wie dies bei rein zufälligen Variationen möglich sein soll, zeigt er aber nicht. Nach seinen sonstigen Annahmen könnte die Entwicklung, wie in der Thermodynamik, nur zur Entropie, zur Vernichtung aller Eigenart führen.

Ein Wachstumsgesetz.

Von A. Pütter, Bonn.

Die Massenzunahme, die Tiere und Pflanzen während des Wachstums erfahren, scheint sehr verwickelten Gesetzen unterworfen zu sein. In bestimmten Abschnitten des Wachstums nimmt sie mit der Zeit zu, in anderen wird sie mit der Zeit geringer. Die Versuche, diese Verhältnisse durch eine empirische Formel darzustellen, haben bisher keinen Erfolg gehabt, und noch weniger ist es gelungen, aus allgemein-physiologischen Vorstellungen heraus Wachstumsgesetze abzuleiten und zahlenmäßig zu formulieren.

Trotzdem kann man einmal versuchen, für einen bestimmten, ziemlich verbreiteten Einzelfall aus allgemein-physiologischen Vorstellungen heraus ein Gesetz aufzustellen. Dieser Versuch hat, wie ich habe zeigen können[1]), zu einem befriedigenden Ergebnis geführt.

Es ist bekannt, daß bei einer großen Anzahl von Tieren der Stoffumsatz nicht entsprechend der Masse des Tieres steigt, sondern nur entsprechend der Fläche, d. h. dem Quadrat seiner Länge. Wenn also zwei Tiere, die einander geometrisch ähnlich sind, in bezug auf ihre Längen sich wie 1 : 2 verhalten, so verhält sich ihr Stoffumsatz nicht wie 1 : 8, wie ihre Gewichte, sondern nur wie 1 : 4, d. h. so wie ihre Oberflächen. Der Umsatz, bezogen auf die Einheit der Masse, wird also immer kleiner, je größer das Tier wird. Es ist ferner bekannt, daß bei einer bestimmten Ernährung der Aufbau einer gewissen Menge neuer lebender Substanz von spezifischer Struktur, wie sie beim Wachstum erfolgt, eine ganz bestimmte Arbeit erfordert, die durch den Umsatz einer bestimmten Menge von Nahrungsstoffen geliefert

[7]) Vgl. unter der neueren Literatur: *Gerhardt*, Die Exkretion und ihre Bedeutung im Leben der Pflanze. Naturwissenschaften 1920, S. 43. *Göbel*, Die Entfaltungsbewegungen der Pflanzen und deren teleologische Deutung, 1919. *Neger*, Die Biologie der Pflanzen auf experimenteller Grundlage, 1913.

[1]) *A. Pütter*, Studien über physiologische Ähnlichkeit VI. Wachstumsähnlichkeiten. Pflügers Arch. Bd. *180*, 1920, S. 298—340.

wird. Da nun die Menge der Nahrungsstoffe, die in der Zeiteinheit umgesetzt werden können, mit zunehmender Größe pro Masseneinheit abnimmt, so muß bei einem größeren Tier auch die Menge neuer lebender Substanz, die in der Zeiteinheit pro Masseneinheit gebildet werden kann, geringer werden.

Wir wissen, daß nicht nur während des Wachstums, d. h. während der Zeit, in der eine Massenzunahme erfolgt, neue lebende Substanz aufgebaut und in die Struktur des Körpers eingefügt werden muß, sondern daß solche Neubildung auch bei dem erwachsenen Tier unentbehrlich ist, da ja dauernd Zellen oder Zellteile im Lebensgetriebe zugrunde gehen. Es sei nur an den dauernden Verlust von Haaren und Nägeln, von roten und farblosen Blutkörperchen erinnert, für die Ersatz geliefert werden muß. Ist die Tätigkeit der Neubildung so gering geworden, daß sie nur noch die normalen Verluste deckt, so sagt man, das Wachstum hat aufgehört, das Tier ist erwachsen. Diese landläufige Ausdrucksweise ist aber nicht richtig: das *Wachstum* hört nicht auf, sondern der *Zuwachs!* Unter Wachstumsfähigkeit verstehen wir eine elementare Eigenschaft lebender Systeme, die den Erwachsenen ebenso zukommt wie den wachsenden. Zuwachs dagegen findet nur statt, wenn das Wachstum stärker ist als der Verlust durch den „Abnutzungsstoffwechsel".

Nehmen wir als den einfachsten Fall an, daß der Verlust durch Abnutzung während des ganzen Lebens für die Masseneinheit konstant sei, so haben wir alle Grundlagen für die Aufstellung eines Wachstumsgesetzes beisammen.

Diese Grundlagen lassen sich folgendermaßen formulieren: Der Zerfall, die Abnutzung, sei pro Masseneinheit gemessen durch die Zahl k', dann ist der gesamte Zerfall in der Zeiteinheit $k'l^3$, wenn wir mit l die Länge oder, schärfer ausgedrückt, eine Größe von der Dimension $\sqrt[3]{G}$ bezeichnen, wobei G das Körpergewicht bedeutet.

Durch Wachstumsvorgänge entsteht eine gewisse Menge neuer Körperstoffe, die wir k nennen wollen, wenn wir das Wachstum auf die Oberfläche, d. h. auf eine Größe von der Dimension l^2 beziehen. Die Menge der neu gebildeten Körperstoffe ist also $k \cdot l^2$. Hieraus ergibt sich der Zuwachs als die Differenz von Aufbau und Zerfall gleich

$$kl^2 - k'l^3.$$

Der Zuwachs wird Null, wenn Zerfall und Aufbau gleich sind, d. h. wenn die Beziehung gilt: $kl^2 = k'l^3$. In diesem Falle erreicht die Länge l ihren größten Wert, den wir als L bezeichnen und wir erhalten

$$k L^2 = k'L^3,$$

$$L = \frac{k}{k'}.$$

Die größte Länge, die das Tier im Wachstum erreicht, ist also bestimmt durch das Verhältnis der Zahlen, die den Anbau und den Zerfall messen.

Die Geschwindigkeit, mit der sich die Länge des Tieres dieser Grenzgröße nähert, wird um so geringer sein, je näher der Grenze das Tier bereits ist, denn maßgebend für diese Geschwindigkeit ist ja der Ausdruck $(k\,l^2 - k'l^3)$.

Wir können dann die Länge l, die in der Zeit t erreicht wird, durch die Gleichung ausdrücken:

$$l = L\left(1 - \alpha\, e^{-\frac{c \cdot t}{L}}\right).$$

In dieser Gleichung bedeutet L die größte im Wachstum erreichbare Länge, l die Länge zur Zeit t und c eine Zahl, die die Geschwindigkeit des Zuwachses mißt und die demnach durch die Differenz der beiden Werte k und k' bestimmt ist. Die Zahl α bedeutet eine Integrationskonstante, deren Zahlenwert davon abhängt, wie groß die Länge l des Tieres zur Zeit $t = 0$ ist, d. h. zu der Zeit, in der die Beobachtung beginnt. Diese Zeit braucht nicht die Zeit zu sein, in der das Wachstum beginnt, es kann vielmehr ein willkürlich gewählter Zeitpunkt sein, ja es wird im allgemeinen stets ein Moment sein, der mehr oder weniger weit vom Anfang des Wachstums entfernt liegt, denn für das erste Stück des Wachstumsverlaufs, das sich an die Teilung der Eizelle anschließt, dürften die Voraussetzungen, die wir bei der Entwicklung des Wachstumsgesetzes gemacht haben, nicht zutreffen.

Die Theorie ergibt die Forderung, daß die jeweilige *Länge* eines wachsenden Tieres in einer verhältnismäßig einfachen Beziehung zur Wachstumszeit stehen soll, wenn der Stoffwechsel proportional dem Quadrat der Länge ist, und der Zerfall lebender Substanz im Abnutzungsstoffwechsel proportional dem Gewicht, d. h. der dritten Potenz der Länge ist. Unter „Länge" ist aber hier eine bestimmte, am Körper des Tieres abmeßbare Strecke nur dann verstanden, wenn sich die Proportionen während des Wachstums nicht ändern, d. h. wenn große und kleine, alte und junge Tiere einander *geometrisch ähnlich* sind. Bei solchen Tieren ist es dann aber auch ganz gleichgültig, welche Länge man als Längenmaß des Tieres wählt, ob die ganze Körperlänge oder die Länge irgendeines Körperteils, denn bei geometrisch ähnlichen Körpern stehen alle homologen Stücke in dem gleichen Verhältnis.

Um unser Wachstumsgesetz zu prüfen, müssen wir also nach Tieren suchen, von denen schon bekannt ist, daß sich ihre Proportionen mit dem Wachstum nicht ändern, d. h. daß ihre Gewichte sich wie die Kuben ihrer Längen verhalten und daß die Intensität ihres Stoffwechsels proportional dem Quadrat ihrer Länge ist.

Beides trifft für die *Fische* zu. Daß das Gewicht eines Fisches aus seiner Länge leicht berechnet werden kann, und daß sich die Gewichte verschieden großer Fische derselben Art wie die dritten Potenzen ihrer Längen verhalten, ist in der Biologie der Fische eine längst feststehende

Tatsache. Daß der Sauerstoffverbrauch der Fische dem Quadrat ihrer Lineardimension proportional ist, habe ich schon 1909[1]) nachgewiesen und diese Tatsache ist später anderweitig bestätigt worden.

Es ist ein glücklicher Umstand, daß über das Wachstum einiger Nutzfische so ausgedehnte Untersuchungen vorliegen, wie kaum über andere Tiere, so daß die Entscheidung, ob die theoretische Formel brauchbar ist oder nicht, keine Schwierigkeiten bereitet. In einer größeren Untersuchung habe ich die vorliegenden Daten über das Wachstum des Herings, Dorsches, Schellfisches, der Scholle und Forelle mit den Forderungen der Theorie verglichen und eine weitgehende Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Berechnung gefunden. Auch für den Hummer trifft die Beziehung vom Entwicklungsstadium IV an sehr gut zu. Als Beispiel mag das Wachstum der Scholle in der südlichen Nordsee dienen. Wie die folgende Tabelle 1 zeigt, gibt die Theorie ein sehr vollkommenes Bild der Wachstumsverhältnisse.

Tabelle 1.

Wachstum der Scholle.

Alter in Jahren	Länge in cm beobachtet	berechnet
0[2])	5	5
I	11 (12,2)	12,2
II	19 (19,7)	19,4
III	24 (24,4)	25,0
IV	28	30,5
V	35	35,5
VI	40	40,0
VII	45	43,5
VIII	48	47,2
IX	50	50,2
X	52	53,0
XI	54	55,9
XII	55	58,0
XV	—	63,4
XX	—	69,7
XXV	—	72
XXXVIII	77,0	76,8

Zur Kennzeichnung des Wachstums brauchen wir stets zwei Zahlen: einmal die größte Länge L, der das Wachstum zustrebt, und zum anderen die Zuwachszahl c, deren Größe die Geschwindigkeit des Zuwachses mißt. Für dieselbe Fischart sind diese beiden Zahlen nur dann konstant, wenn die untersuchten Tiere unter gleichen Lebensbedingungen herangewachsen sind. Während z. B. die Schollen der Nordsee einer Grenzgröße von 78 cm zuwachsen, wachsen die aus der Barentsee (bei Spitzbergen) einer Länge von 95 cm zu und die der Ostsee (westlicher Teil) nur einer solchen von 40 cm. Die Zuwachsgeschwindigkeit ist dabei in der Barentsee am kleinsten ($c = 2{,}56$), in der Nordsee am größten ($c = 8{,}4$), in der Ostsee ($c = 7{,}24$) nur wenig verschieden von der in der Nordsee. Die Tabelle 1 für die Schollen der Nordsee ist berechnet nach der Gleichung:

$$l = 78\left(1 - 0{,}936\, e^{-\frac{8{,}4\,t}{78}}\right).$$

In ähnlich vollkommener Weise lassen sich auch die Wachstumsverhältnisse von Schellfisch und Dorsch, Hering und Forelle rechnerisch darstellen. Außerhalb des Wirbeltierkreises liegen nur wenige genügende Beobachtungen vor, so z. B. für den Hummer, und auch sie fügen sich der entwickelten Gleichung.

Die Fig. 1 erläutert wohl am besten, daß sich die Längen einfacher darstellen lassen als die Gewichte. Sie gibt Längen und Gewichte des Herings in ihrer Abhängigkeit von der Wachstumszeit. Die Kurve der Gewichte hat einen Wendepunkt, die Kurve der Längen dagegen nicht.

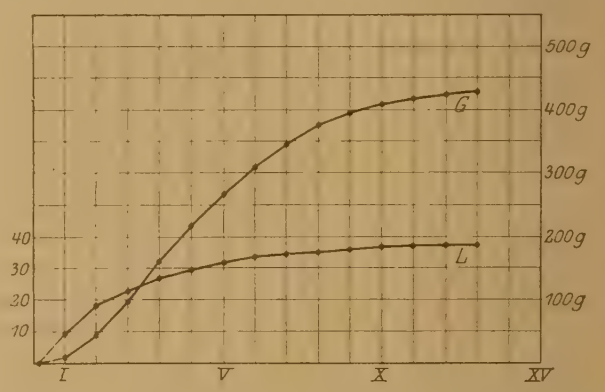


Fig. 1. L = Länge des Herings in Zentimetern; G = Gewicht in Grammen. Abszisse = Alter in Jahren, Ordinate rechts = Gewicht in Grammen, links = Länge in Zentimetern.

Die einfachen theoretischen Überlegungen, die zu so guter Darstellung einer Reihe von Wachstumskurven bei Fischen geführt haben, enthalten die Voraussetzung, daß die lebenden Systeme, die ein Tier aufbauen, keinerlei Alternsveränderungen erleiden; daß also der langsamere Zuwachs, den wir an älteren Tieren beobachten, nur indirekt vom Alter der Tiere abhängt, nämlich nur insofern, als ältere Tiere ihrer Grenzgröße schon näher sind und aus diesem Grunde auch dann langsamer wachsen müssen, wenn die elementare physiologische Fähigkeit des Wachstums bei ihnen gar nicht geringer geworden ist. Bei großen (alten) Tieren gelangt ja eine immer geringere Menge von Baustoffen an die Stellen, an denen die Baustoffwechseltätigkeit (das Wachstum) erfolgt, so daß die Menge der in der Zeiteinheit neugebildeten Substanz kleiner werden muß, auch wenn die Wachstumsfähigkeit gar keine Ände-

[1]) *A. Pütter*, Die Ernährung der Fische, Z. f. allgem. Physiol. Bd. 9, 1909, S. 147—242.

[2]) Alter von 0 Jahren bedeutet Tiere, die weniger als ein volles Jahr alt sind. Das wirkliche Alter beträgt etwa ½ Jahr, ebenso wie das der höheren Altersklassen immer ein halbes Jahr höher ist, als die Zahl angibt.

rung erfahren hat. Träfe diese einfache Annahme allgemein zu, so müßten die Tiere einer Grenzgröße zustreben, die sie nach unendlich langer Zeit erreichen würden, und die älteren Tiere müßten — unter sonst gleichen Bedingungen — auch stets die größeren sein. Nun können wir aber — nicht nur bei Fischen — beobachten, daß ältere Tiere nicht immer notwendig größer zu sein brauchen als jüngere, daß vielmehr von einem gewissen Alter an nicht nur keine Zunahme, sondern geradezu eine Abnahme der Länge erfolgt. Diese Beobachtung zwingt uns zur Annahme einer Veränderung der Eigenschaften der Tiere, die von der bereits durchmessenen Lebenszeit abhängt, also zur Annahme von *Alternsveränderungen*. Es würde hier zu weit führen, die genauere theoretische Ableitung zu geben, aus der hervorgeht, in welcher Weise die Wirkung einer solchen Alternsveränderung auf die Grenzgröße in Ansatz gebracht werden muß[1]). Führt man diese Erweiterung der Theorie ein, so wird eine weitere Reihe von Beobachtungen der Rechnung zugänglich. Als Beispiel hierfür führe ich das Wachstum des Herings bei Island an. Die Beobachtungen sind teils durch direkte Längenmessungen gewonnen, teils durch Messungen des Jahreszuwachses der Schuppen. Für die Berechnung macht das keinen Unterschied: die Länge ergibt sich stets aus der Gleichung:

$$l = L\left(1 - 0{,}755\, e^{-\frac{11{,}0\, t}{L}}\right),$$

wenn L dargestellt wird, durch die Gleichung:

$$L = 50\,\frac{3{,}55 - 0{,}0377\, t}{4{,}55 - 0{,}0377\, t},$$

wobei 0,0377 den Alternsfaktor bedeutet.

Die gute Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Berechnung zeigt die folgende Tabelle:

Tabelle 2.

Wachstum des Herings (Island).

Alter in Jahren	Länge in cm beobachtet	berechnet
I	9,6	9,6
II	17,6	16,9
III	23,6	22,7
IV	27,5	26,3
V	29,8	29,4
VI	31,6	31,5
VII	33,1	33,1
VIII	34,2	34,2
IX	34,9	35,2
X	35,5	36,0
XI	35,6	36,2
XII	35,8	36,6
XIII	36,4	36,8
XIV	36,7	37,0

Will man die Wachstumsformeln, die sich für die Fische bewährt haben, auf Säugetiere anwenden, so ergibt sich die Schwierigkeit, daß diese beim Wachsen ihre Proportionen verändern, so daß große und kleine (alte und junge) Tiere einander nicht geometrisch ähnlich sind. Man kann daher keine irgendwie abmeßbare Länge als Ausdruck der Lineardimension ansehen. Trotzdem kann man mit den Gleichungen rechnen, wenn man eine ideale Lineardimension einführt, die ausgedrückt ist durch die dritte Wurzel aus dem Gewicht ($\sqrt[3]{G}$). Wir wollen dabei die Lineardimension eines Säugetiers, das 10 kg schwer ist, als 100 bezeichnen. Will man die Anwendbarkeit der Wachstumsgleichungen prüfen, so berechnet man aus den Gewichten die idealen Lineardimensionen und vergleicht entweder diese direkt mit den berechneten, oder man leitet aus den berechneten Lineardimensionen die Gewichte ab und vergleicht diese mit den beobachteten Gewichten. Beide Arten der Vergleichung gestattet die folgende Tabelle 3, die das Wachstum der weißen Ratte darstellt. Beobachtung und Berechnung stimmen wieder befriedigend überein.

Tabelle 3.

Wachstum der weißen Ratte.

Alter in Tagen nach der Geburt	Gewicht beobachtet	Lineardimension beobachtet	Lineardimension berechnet	Gewicht berechnet
	g			g
0	5,4	8,12	8,12	5,4
10	12,2	10,7	10,75	12,4
21	21,2	12,8	13,6	25,2
31	31,8	14,6	15,8	39,5
55	68,5	19,0	19,9	79,0
70	106,6	22,0	22,0	107
92	152,3	24,7	24,2	141
112	183,8	26,4	25,7	170
138	209,7	27,5	27,5	209,7
178	239,4	28,7	28,5	232
216	252,9	29,2	29,3	252
365	279,0	30,2	30,2	279

Die Berechnung ist nach der Gleichung $l = 30{,}4\left(1 - 0{,}741\, e^{-\frac{0{,}425\, t}{30{,}4}}\right)$ ausgeführt. Soll die die Zahl c, die den Zuwachs mißt, mit den entsprechenden Zahlen für die Fische verglichen werden, so muß sie mit 365 multipliziert werden, denn jene Zahlen beziehen sich auf das Jahr als Zeiteinheit, diese auf den Tag. Es ist also für die Ratte $c = 0{,}425 \cdot 365 = 155$.

Es lassen sich also in der Tat eine ganze Anzahl von Fällen mit Hilfe der theoretisch entwickelten Wachstumsgleichungen darstellen.

Voraussetzung für ihre Anwendbarkeit ist aber, daß der Stoffwechsel der Tiere proportional dem Quadrat der Lineardimension ist. Trifft dies nicht zu, dann können die Formeln nicht angewendet werden.

Da wir wissen, daß bei Insekten die genannte Abhängigkeit des Stoffwechsels von der Lineardimension nicht besteht, so dürfen wir bei ihnen nicht erwarten, daß die Gleichungen gelten, und wirklich zeigt z. B. der Verlauf des Wachstums

[1]) Siehe hierüber die Originalarbeit.

bei der Raupe des Seidenspinners einen grundsätzlich anderen Typus. In den Fällen aber, in denen die Gleichungen anwendbar sind, gestatten sie eine viel einfachere Beschreibung des Wachstums, als das bisher möglich war.

Es hatte bisher große Schwierigkeiten, die Zuwachsgeschwindigkeit zu messen. Gleichviel ob man den absoluten Längenzuwachs in der Zeiteinheit oder die absolute Gewichtszunahme oder die Gewichtszunahme in Prozenten des Anfangsgewichtes pro Zeiteinheit oder die Zeit der Gewichtsverdoppelung als Maß für den Zuwachs wählte, stets bekam man Werte, die nur für einen Moment Geltung hatten, die daher für möglichst viele Zeitpunkte berechnet werden mußten, um nur einen einigermaßen vollständigen Überblick über den Verlauf des Zuwachses zu geben. Diese Schwierigkeit ist durch die abgeleiteten Formeln behoben. Für alle die Fälle, die sich dem hier abgeleiteten Wachstumsgesetz fügen, brauchen wir zur Kennzeichnung der Zuwachsgeschwindigkeit nur eine Zahl, nämlich die Beizahl der Zeit, d. h. den Ausdruck $\frac{c}{L}$. Eine Tabelle, wie die folgende die die Größen L und c für eine Reihe Tiere enthält, gibt also eine vollständige Beschreibung der Zuwachsverhältnisse.

Tabelle 4.

	L	c
Hummer	60	5,7
Hering (Britische Gewässer)	29	8,6
„ (Island)	39	11,0
Schellfisch	120	10,2
Dorsch	158	9,8
Scholle (Nordsee 15—16 ° T)	78	8,4
„ (Barentsee 0—4 ° T)	95	2,56
„ (Ostsee)	40	7,28
Forelle (Süßwasser)	60	6,0
„ (Meer)	98	16,4
Ratte	30,4	155
Kaninchen	85,0	255

Wir können aber mit Hilfe der Gleichungen noch einen Schritt weiter kommen. Der Zuwachs, dessen Geschwindigkeit wir durch $\frac{c}{L}$ messen können, ist ja noch eine zusammengesetzte Größe, die sich ergibt aus dem Verhältnis des Aufbaus zum Zerfall. Es wäre also ein erheblicher Fortschritt, wenn wir die Zahlen angeben könnten, durch die die Geschwindigkeit des Aufbaus und die des Zerfalls einzeln gemessen werden. Zur Bestimmung dieser beiden Zahlen, die wir als k und k' bezeichnen (s. o.), haben wir zwei Größen zur Verfügung, von denen die eine das Verhältnis, die andere die Differenz von k und k' angibt. Wir fanden ja, daß die größte Länge L gleichzusetzen ist $L = \frac{k}{k'}$; und da die Zuwachsgeschwindigkeit einerseits durch den Ausdruck $\frac{c}{L}$ gemessen wird, andererseits aber dem Ausdruck $(k - k')$ proportional ist, so können wir setzen $\frac{c}{L} = k - k'$. Durch diese beiden Gleichungen erhalten wir nun für k den Ausdruck: $k = \frac{c}{L-1}$ und für k'

$$k' = \frac{c}{L(L-1)}$$

und haben damit die beiden Werte, die zur eindeutigen Kennzeichnung der untersuchten einfachen Formen des Wachstums notwendig und hinreichend sind.

Tabelle 5.

	k	k'
Hummer	0,0965	0,00161
Hering (Brit. Gewässer)	0,307	0,0106
„ (Island)	0,290	0,00741
Schellfisch	0,0856	0,000711
Dorsch	0,066	0,00044
Scholle (Nordsee 15—16 ° T)	0,109	0,0014
Scholle (Barentsee 0—4 ° T)	0,0272	0,000285
Scholle (Ostsee)	0,186	0,00464
Forelle (Süßwasser)	0,102	0,00170
„ (Meer)	0,1685	0,00172
Ratte	5,28	0,174
Kaninchen	3,04	0,0357

Die Tabelle 5 gibt wieder für eine Anzahl von Tieren diese beiden Kennzahlen. Diese Zahlen geben die Grundlage für eine ganze Reihe von Vergleichen zwischen den Verhältnissen des Wachstums und der Abnutzung bei den verschiedenen Tierarten. Hier nur einige Andeutungen darüber.

Die Forelle kann im Meer wie im Süßwasser gedeihen, wird hier aber nur 60 cm lang, während sie im Meer einer Länge von 98 cm zuwächst. Der Grund dafür liegt nur in einem höheren Werte von k, einem rascheren Stoffaufbau, während die Zerfallskonstante k' für Tiere vor und nach Beginn der Meereswanderung die gleiche ist.

Die Scholle wird in der Nordsee 78 cm lang, in der westlichen Ostsee nur 40 cm, und in der östlichen Ostsee (östlich von Gotland) kommt sie nicht mehr vor, der Salzgehalt ist dort zu gering. Es ist nun höchst bemerkenswert, daß die Scholle der (westlichen) Ostsee nicht deshalb nur 40 cm Länge erreicht, weil sie etwa eine geringere Wachstumsgeschwindigkeit hätte als die der Nordsee, im Gegenteil, ihre Wachstumszahl k ist 1,7 mal so groß wie die der Nordseescholle, sondern sie bleibt klein, weil ihre Zerfallskonstante k' sehr viel größer ist als bei der der Nordsee, nämlich 3,3 mal so groß. Die Scholle nähert sich in der Ostsee der Grenze ihrer Lebensmöglichkeit, und das kommt in einem bedeutend erhöhten „Abnutzungsstoffwechsel" zum Ausdruck.

Von wesentlichem Einfluß auf die absolute Größe der beiden Kennzahlen k und k' ist die Temperatur, wie z. B. ein Vergleich zwischen der Scholle der Nordsee und der der Barentsee zeigt.

Die Temperatur, unter der die beiden Tiere heranwachsen, ist um etwa 15 ° verschieden, die Zahlen für k verhalten sich wie 1 : 4, die für k' wie 1 : 4,9. Das bedeutet eine Vergrößerung der Beizahlen, die für 10 ° Temperaturerhöhung das 2,5- bzw. 2,85-fache beträgt. Wenn wir für die Wachstumszahlen der Fische, die in der Nordsee bei etwa 15 ° heranwachsen, Werte von 0,06 bis 0,515 finden, so würden wir bei einem Einfluß der Temperatur, wie wir ihn bei der Scholle nachweisen können, für eine Temperatur von 37 oder 38 ° Wachstumszahlen erwarten, die etwa 10-mal höher wären, also bis zu Werten von 5,15 heranreichen würden. Für die Säugetiere, deren Körpertemperatur 37—38 ° ist, finden wir Wachstumszahlen von 1,69 bis 5,3, d. h. also von etwa der Größe, wie sie die Fische bei einer Temperatur zeigen würden, die der der Säugetiere gleich wäre (falls die Fische solche Temperatur ertragen könnten!).

Die Zahlen, die, die Geschwindigkeit des Abnutzungsstoffwechsels messen (k'), sind bei den verschiedenen Fischarten viel mehr voneinander verschieden als die Wachstumszahlen, sie schwanken in den untersuchten Fällen zwischen 0,0004 und 0,0166; die entsprechenden Werte für die Säugetiere liegen wieder nur etwa 10-mal höher, so daß die Unterschiede auf die Verschiedenheit der Temperatur zurückgeführt werden könnten.

Das sind nur Andeutungen von Vergleichungen, wie sie erst schärfer durchgeführt werden können, wenn für zahlreichere Tiere derartige Analysen ihres Wachstums- und Abnutzungsstoffwechsels vorliegen. Vorläufig scheint es, als ob die Größenordnung der Fähigkeit neue lebende Substanz aufzubauen und ihr die spezifische Struktur zu erteilen, bei sehr verschiedenen Tieren und Tiergruppen etwa die gleiche sei, wenn man unter gleichen Bedingungen, besonders der Temperatur, sinngemäß vergleicht, daß dagegen die Geschwindigkeit des Abnutzungsstoffwechsels viel mehr von spezifischen Eigentümlichkeiten abhänge, wobei allerdings die Unterschiede zwischen Tieren derselben Klasse (Fische) nicht geringer sind als die zwischen Tieren verschiedener Klassen (Fische und Säugetiere) oder selbst verschiedener Stämme (Wirbeltiere, Krebse, Mollusken).

Technische Mitteilungen.

Die Verwitterung der Kohle. Im Ausstrich eines Kohlenflözes oder beim Lagern an der Luft erleidet Kohle oft Veränderungen, welche man als „Verwitterung" der Kohle bezeichnet. Diese Veränderungen erfolgen unter dem Einfluß der Atmosphärilien, besonders durch den Sauerstoff der Luft. Der hierbei vor sich gehende Prozeß ist in der Hauptsache eine Oxydation, d. h. eine langsame Verbrennung der Kohle.

Braunkohle und Steinkohle besitzen die Eigenschaft, Sauerstoff zu absorbieren. Dieser absorbierte Sauerstoff kann eine langsame Oxydation der Kohle herbeiführen. Der Prozeß der Verwitterung der Kohle erreicht sein Ende, sobald der „disponible" Wasserstoff und ein leichter oxydierbarer Kohlenstoffanteil verschwunden (wegoxydiert) ist.

Von weit größerer Bedeutung als die Verwitterung der Kohle im Ausstrich der Kohlenlager ist die *Verwitterung der geförderten Kohle.* Geförderte Kohle lagert häufig längere Zeit an der Luft und verändert sich hierbei in ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften. Die Kohle verliert durch solches Lagern an Heizbarkeit, Backfähigkeit, Verkokbarkeit und Vergasungsmenge. Zudem zerfällt die Kohle beim Lagern an der Luft, sodaß eine ursprünglich stückreiche Kohle schließlich beim Verladen nur noch Grieß und Staub ergibt. Der Wert der Kohle wird hierdurch herabgedrückt.

Einen großen Einfluß bei der Verwitterung der Kohle übt jede Erwärmung aus. Erwärmt sich Kohle während der Lagerung, so nimmt die Verwitterung einen weitaus schnelleren Verlauf. Sauerstoffabsorption und Oxydation verlaufen dann sehr rasch. Beide Prozesse erhöhen durch ihre Reaktionswärme *noch weiter* die Temperatur. Dies kann schließlich zur Selbstentzündung der Kohle führen. Findet eine Erwärmung nicht statt, so wird sich Kohle beim Lagern innerhalb kurzer Zeit kaum verändern. Im allgemeinen neigen *Stückkohlen* weniger zur Verwitterung als *Kleinkohlen.* Es beruht dies darauf, daß Kleinkohle infolge ihrer größeren Oberfläche lebhafter Sauerstoff absorbiert als die gleiche Menge Stückkohle. Die *Menge* des absorbierbaren Sauerstoffes ist bei der gleichen Menge Stückkohle und Steinkohle sonst dieselbe. Die größere Oberfläche der Kleinkohle führt also nicht zu einer der Menge nach größeren, sondern nur zu einer *schnelleren* Sauerstoffabsorption und Verwitterung. Bisweilen findet man die Angabe, daß *Feuchtigkeit* die Verwitterung der Kohle begünstige. Solche Angaben fußen wohl immer auf Beobachtungen, die an *schwefelkiesreichen* Kohlen gemacht worden sind. Von schwefelkiesreichen Kohlen ist nachgewiesen, daß sie in feuchtem Zustande mehr Sauerstoff absorbieren als schwefelkiesärmere. Es liegen hierzu Versuche von *Richters* vor. Nach ihm absorbierten Kohlen, welche in Pulverform bereits 8 Monate der Luft ausgesetzt waren, folgende Mengen Sauerstoff:

Eine 3,04 % Schwefel enthaltende Kohle binnen 9 Tagen 3,9 ccm Sauerstoff,
eine andere mit 1,08 % Schwefel binnen 9 Tagen 4,19 ccm Sauerstoff.

In angefeuchtetem Zustande aber absorbierte
die schwefelreichere in derselben Zeit 6,5 ccm Sauerstoff,
die schwefelärmere dagegen nur 3,8 ccm Sauerstoff.

Es hat sich aus anderen Beobachtungen ferner ergeben, daß Kohlen, welche den atmosphärischen Niederschlägen ausgesetzt waren, nachweisbar *nicht* stärker zersetzt wurden als Kohlen, welche an einem lufttrockenen Orte aufbewahrt wurden. Verwitterung von Kohle dürfte also nur in besonderen Fällen durch Feuchtigkeit gefördert werden.

Die Verwitterungsvorgänge einer lagernden Kohle faßt *Muck* in folgende Sätze zusammen:

1. Die Verwitterung ist die Folge einer Aufnahme von Sauerstoff, welcher einen Teil des Kohlenstoffs und Wasserstoffs der Kohle zu Kohlensäure und Wasser oxydiert, andernteils direkt in die Zusammensetzung der Kohle eintritt.

2. Der Verwitterungsprozeß beginnt mit einer Absorption von Sauerstoff. Erwärmen sich infolge dieses

oder eines anderen Vorganges die Kohlen während der Lagerung, so tritt nach Maßgabe der Temperaturerhöhung eine mehr oder weniger energische chemische Reaktion des Sauerstoffs auf die verbrennliche Substanz der Kohlen ein, andernfalls verläuft der Oxydations- (Verwitterungs-) Prozeß so langsam, daß sich in der Mehrzahl der Fälle die innerhalb Jahresfrist eintretenden Veränderungen technisch wie analytisch kaum mit Sicherheit feststellen lassen.

3. Die Feuchtigkeit als solche hat direkt keinen begünstigenden Einfluß auf die Verwitterung. Gegenteilige Beobachtungen werden sich immer auf den Umstand zurückführen lassen, daß manche, besonders an leicht zersetzbarem Schwefelkiese reiche oder in Berührung mit Wasser bald zerfallende Kohlen sich unter gleichen Verhältnissen im feuchten Zustande ausnahmsweise rascher erhitzen als im trockenen.

4. Solange die Temperaturerhöhung gewisse Grenzen (170—190 °) nicht übersteigt, treten bei der Verwitterung bemerkenswerte Gewichtsverluste nicht ein, das Verhalten der Kohle zum Sauerstoff läßt vielmehr geringe Gewichtszunahmen annehmbar erscheinen.

5. Für die Erklärung der Abnahme des Brennwertes, des Verkokungswertes (bezüglich der Quantität), der Backfähigkeit und des Vergasungswertes, welche die Kohlen durch die Verwitterung erleiden, bedarf es nicht der von mehreren Seiten unterstellten Annahme einer „neuen Gruppierung der Atome". Vielmehr erklären sich die angedeuteten Verschlechterungen hinreichend aus der absoluten und relativen Abnahme des Kohlenstoffs und Wasserstoffs und der absoluten Zunahme des Sauerstoffs, die infolge der Verwitterung eintritt.

In Amerika haben *Parr* und *Hamilton* Versuche über die Verwitterung der Kohle, speziell über ihren Verlust an Heizwert, ausgeführt. Dieselben verwandten zu ihren Versuchen Kohle in Nußgröße. Die betreffende Kohle kam ganz frisch aus der Grube. Die beiden Forscher ließen die Kohle eine gewisse Zeit unter verschiedenen Bedingungen lagern und untersuchten sie dann. Die ganzen Versuche dauerten 9 Monate und hatten folgenden Plan:

1. Lagerung der Kohle an freier Luft,
2. Lagerung der Kohle in trockener, etwas erwärmter Atmosphäre (30—50 ° C),
3. Lagerung wie unter 2., nur wurde die Kohle zwei- bis dreimal in der Woche mit Wasser bespritzt,
4. Lagerung unter gewöhnlichem Wasser bei ungefähr 21 ° C.

Als Resultat dieser Untersuchungen wird angegeben:

1. *Unter Wasser* aufbewahrte Kohle verlor nicht viel von ihrem Heizwert.

2. *An der Luft* lagernde Kohle verlor 2—10 % von ihrem Heizwert.

3. *Trockenes* Aufbewahren von Kohle ergab ziemlich dasselbe Resultat wie Aufbewahren der Kohle an freier Luft. Nur für sehr schwefelhaltige Kohle war trockenes Lagern günstiger.

4. Nach einer Dauer von 5 Monaten war ein Stillstand im Verlust an Heizwert eingetreten. Zwischen dem siebenten und neunten Monat hat sich die Kohle beim Lagern nicht mehr verändert.

Ähnliche Versuche stellten *E. A. Fessenden* und *I. R. Warton* an, welche feinkörnige, mittelkörnige und grobkörnige Kohle im Freien, in getrockneten Räumen und unter Wasser lagerten. In allen Fällen wurde nach längerem Lagern eine merkliche Abnahme des Heizwertes festgestellt. Der Verlust an Heizwert war um so größer, je geringer die Korngröße der Kohle war. Die größte Abnahme wurde bei Feinkohle im Freien beobachtet, sie betrug nach 110 Tagen etwa 20 % des Heizwertes. Die geringsten Abnahmen traten bei Lagerung unter Wasser ein, ja, in den ersten Tagen ließ sich sogar eine Erhöhung des Heizwertes feststellen, was aber wohl nur auf Auslaugen wasserlöslicher Aschenbestandteile zurückzuführen ist.

Auch von anderen Seiten, z. B. von *Prenger* und *Seidl*, wird *Lagerung unter Wasser empfohlen*, da hierbei der Wert der Kohle erhalten bleibt und infolge des Abschlusses der Luft und der geringen Grusbildung beim Stürzen der Kohle die Gefahr der Selbstentzündung so gut wie ausgeschlossen ist. Auch für Gaskohlen ist das Verfahren anwendbar, nur müssen sie naturgemäß vor der Verwendung getrocknet werden. Versuche in dieser Richtung sind von der Gasanstalt in Stettin ausgeführt worden, die eine Anlage zur Lagerung von 20 000 Tonnen Kohlen unter Wasser gebaut hat.

Bisher war vor allem von Steinkohlen die Rede. Aber auch Braunkohle verwittert in derselben Weise. Braunkohle verändert sich durch Verwitterung schon äußerlich in ihrer Farbe. Sie dunkelt beim Lagern an der Luft nach. Sie wird hierbei dunkelbraun bis braunschwarz.

Durch Verwitterung nimmt auch bei Braunkohle der Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt ab, während Sauerstoff und Asche zunimmt. Über Veränderungen, welche ein Haufen erdiger Braunkohle innerhalb 5 Jahren erlitten hat, geben uns Analysenzusammenstellungen von *Bischof* Auskunft. Erdige Braunkohle von Zscherben verlor hiernach beim Lagern 12,5 % der ursprünglichen Heizkraft. Die Teerausbeute verwitterter bitumenreicher Braunkohle (Schwelkohle) ist zudem im allgemeinen geringer. Der Teer verwitterter Braunkohle ist aber paraffinreicher. Dies hängt damit zusammen, daß die Huminsubstanzen bei der Verwitterung der Kohlen einer langsamen Verbrennung unterliegen, während das Bitumen, wie schon die Bildung von Wachskohle und Schwefelkohle im Zeitzer Revier zeigt, gegen Oxydation in hohem Grade beständig ist.

Als belanglose Folgeerscheinung einer Lagerung der Kohlen sei schließlich noch erwähnt, daß manche Braunkohlen beim Lagern an der Luft nicht nur nachdunkeln, sondern bunte Anlauffarben erhalten. Diese mit Anlauffarben versehene Kohle bezeichnet man in den Braunkohlengruben bei Moys unweit Görlitz als Wetterkohle[1]). *O. Stutzer.*

Über die Entgasung des Kesselspeisewassers berichtet Dipl.-Ing. *Jung* (Bochum) in Nr. 8 der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1920. Es ist allgemein bekannt, daß das Wasser, welches man zur Speisung der Dampfkessel verwendet, heute vielfach einer Reinigung unterworfen wird. Derartige Reiniger werden schon seit langem benutzt, sie haben in der Hauptsache den Zweck, die Bildung des lästigen Kesselsteins zu verhindern, der die Wärmeübertragung verschlechtert und zu Zerstörungen des Kesselbleches Anlaß gibt. Erst später erkannte man, daß bei der Vorbehandlung nicht nur die Kesselsteinbildner, sondern auch die im Wasser enthaltenen Gase zu entfernen sind. Genaue Forschungen und Beobachtungen

[1]) *O. Stutzer*, Allgemeine Kohlengeologie, Berlin 1914 (Verlag Gebrüder Borntraeger).
Hinrichsen und Taczak, die Chemie der Kohlen. Leipzig 1916.
S. W. Parr und *N. D. Hamilton*, The Weathering of Coal. Economic Geology, II, 1907, S. 693.

in den letzten Jahren haben ergeben, daß gerade durch die Gase die gefährlichsten Anfressungen der Dampfkessel, Rohrleitungen usw. verursacht werden. Nun enthält aber das in der Natur vorkommende Wasser aus Flüssen, Brunnen usw. durchweg Gase in mehr oder weniger hohem Grad, wobei hauptsächlich Sauerstoff und freie Kohlensäure schädlich sind. Ähnliches gilt für das chemisch gereinigte Wasser. Die chemische Reinigung, z. B. nach dem bekannten Kalk-Sodaverfahren, bewirkt eine mehr oder weniger weitgehende Enthärtung, die schädlichen Gase werden jedoch nicht beseitigt. Die meisten chemischen Reinigungsverfahren leiden sogar an dem Übelstand, daß der Sauerstoffgehalt bei dem Reinigungsprozeß noch erhöht wird. Dazu kommt, daß das durch den Sodazusatz gebildete doppeltkohlensaure Natron, welches in Lösung mit dem Wasser in den Kessel eingeführt wird, beim Erhitzen Kohlensäure abgibt, wodurch auch der Kohlensäuregehalt im Kessel ständig zunimmt. — Bei den Dampfkesselanlagen für Turbinenzentralen wird fast ausnahmslos das in den Oberflächen-Kondensatoren gewonnene Kondensat des Turbinenabdampfes in die Kessel rückgespeist und dabei vielfach als Ersatz für das durch Undichtigkeiten aus den Rohrleitungen, Stopfbüchsen der Turbinen usw. verlorengehende Kondensat (im Durchschnitt etwa 5 % der umlaufenden Kondensatmenge) destilliertes Wasser, das in Verdampfanlagen bereitet wird, zugesetzt. Kondensat und Destillat werden an sich gasfrei gewonnen, sie haben aber das Bestreben, wenn sie mit der Luft in Berührung kommen, aus dieser Sauerstoff und Kohlensäure begierig aufzunehmen und können dann, wenn sie mit diesen beiden Gasen stark angereichert sind, für einen Kesselbetrieb unter Umständen noch gefährlicher werden als gewöhnliches Wasser, da infolge Fehlens des Kesselsteinbelags die Zerstörungen an den Wänden durch die Gase ungehindert und schnell vor sich gehen.

Der Einfluß des gashaltigen Wassers auf das Metall läßt sich experimentell genau nachweisen und bildlich darstellen. Zu dem Zweck wird das zu untersuchende Wasser während einer gewissen Zeit in einem Versuchskessel gekocht bzw. verdampft. Während dieses Verdampfungsprozesses werden Plättchen aus dünnem Blech in den Kessel eingehängt und dem Wasser ausgesetzt. Die Wirkung des Wassers auf das Blech läßt sich nach Entnahme aus dem Kessel durch eine mikroskopische Untersuchung genau feststellen. So zeigt Fig. 1 ein sauber abgeschmirgeltes und poliertes Versuchsblech vor der Behandlung. Die auf dem Bild sichtbaren gleichmäßigen Streifen sind die Politurrillen. Fig. 2 zeigt das Blech, nachdem es 8 Stunden lang in dem Versuchskessel stark gashaltigem kochenden Wasser ausgesetzt war: weit ausgedehnte tiefe Korrosionsherde haben die Platte gründlich zerstört, die dazwischen liegenden helleren Ablagerungen sind auf Kesselsteinbildung zurückzuführen. Diese Untersuchung kann durch eine parallel dazu erfolgende Wägung des Versuchsplättchens vor und nach der Verdampfung unterstützt und ergänzt werden; Anfressungen machen sich durch entsprechende Gewichtsverminderung bemerkbar, doch läßt sich hierdurch kein Urteil über die Natur der Korrosionen abgeben.

Angesichts der zerstörenden Wirkung des gashaltigen Wassers ist es dringend geboten, das Speisewasser durch geeignete Vorrichtungen von schädlichen Gasen zu befreien. Man kann dieses auf chemischem Weg erreichen, indem man in Filtern den Sauerstoff an Eisenspäne bindet, ein Verfahren, das sich jedoch wenig bewährt hat, da sich die Eisenspanmasse mit der fortschreitenden Oxydation allmählich zusetzt. Sehr wirksam werden die Gase durch Aufkochen ausgeschieden oder durch mechanische Vorrichtungen, unter denen besonders die neuerdings aufgekommenen Anlagen zu erwähnen sind, bei denen das Wasser unter Vakuum zerstäubt wird und die ausgeschiedenen Gase durch eine Luftpumpe dauernd abgesaugt werden. Dieses Verfahren kann für sehr große Wassermengen angewendet werden, da es keinen Wärmeaufwand erfordert. Z. B. besitzt die Chemische Fabrik Griesheim-Elektron in ihrem Lautawerk eine derartige Anlage für 50 cbm Speisewasser stündlich, welche von der Maschinenbau-Aktiengesellschaft Balcke in Bochum ausgeführt wurde.

Das entgaste Wasser ist dann durch geeignete Gasschutzvorrichtungen vor nachträglichem Eindringen schädlicher Gase zu bewahren. Dieses gilt ebenso für Destillat und Kondensat, welche, wie bereits erwähnt, begierig Gase aus der Luft aufnehmen. Vielfach ist die Ansicht verbreitet, daß reines Destillat und Kondensat an sich für die Kessel schädlich wären. Die Unrichtigkeit dieser Ansicht läßt sich jedoch durch die oben erwähnten Versuche nachweisen. Es ist nur dar-

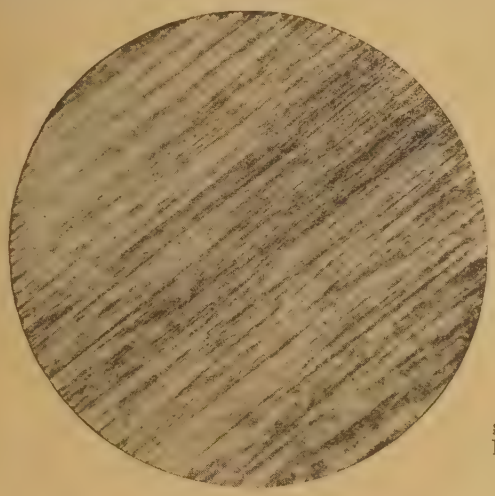


Fig. 1
vor der Behandlung.

Abgeschmirgeltes und poliertes Dampfkesselblech

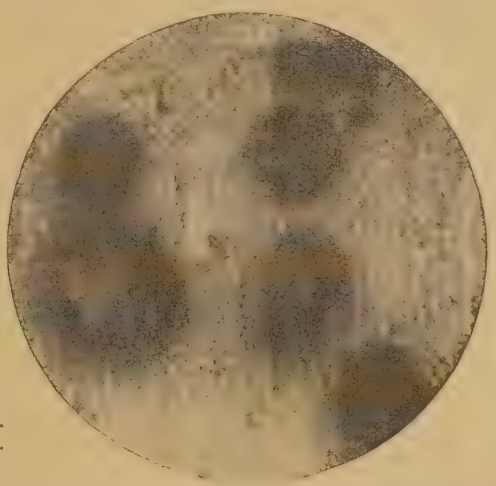


Fig. 2 nach 8 Stunden langem Angriff durch stark gashaltiges kochendes Kesselspeisewasser.

auf zu achten, daß Destillat und Kondensat gasfrei in den Kessel kommen, dann sind keine Zerstörungen zu befürchten. *Autoreferat.*

Die Verwertung der Glimmwirkung elektrischer Leiter zum Schutze gegen Überspannungen (*Rudolf Nagel*, Archiv für Elektrotechnik 1919, H. 10). Die gefährlichsten Feinde der elektrischen Anlagen sind die Überspannungen. Bei der ungeheuren Wichtigkeit der Elektrizitätsversorgung für das Wirtschaftsleben und den auf dem Spiele stehenden großen Werten ist die Bekämpfung der Überspannungen deshalb eines der wichtigsten Probleme der Technik.

Die Überspannungen können teilweise ihre Ursache in Schaltvorgängen oder plötzlichen Stromunterbrechungen (besonders gefährlich sind Unterbrechungen von Kurzschlüssen) oder in Erdschlüssen haben, auch die Resonanz von im Netz vorhandenen Induktivitäten und Kapazitäten kann Überspannungen hervorrufen. Besonders gefährdet sind jedoch Freileitungen durch elektrische Vorgänge in der Atmosphäre, indem entweder Teilentladungen die Leitungen treffen, oder indem sich auf ihnen ruhende Ladungen höheren Potentials ansammeln, oder indem durch plötzliche Veränderung des die Leitungen umgebenden Erdfeldes (z. B. infolge benachbarter Blitzentladungen) Ladungen frei werden, die in Form „elektrischer Wanderwellen" mit steilen Stirnen nach beiden Seiten abfließen und beim Auftreffen auf die elektrischen Schaltanlagen in diesen Zerstörungen an den Transformatoren und Apparaten hervorrufen.

Als Schutzmittel werden bisher angewendet solche mit Ventilwirkung (Hörner- oder Rollenableiter mit Vorschaltwiderständen oder Aluminiumzellen) oder solche, die die ankommende Wanderwelle unmittelbar vor den zu schützenden Teilen zurückwerfen (Drosselspulen) oder dieselbe abflachen (Kondensatoren). Schließlich baut man noch zur Abführung ruhender statischer Ladungen sogenannte Wasserstrahlerder oder Erdungsdrosselspulen ein. Ein Allheilmittel für Überspannungen gibt es bisher noch nicht, auch kann kaum eines der gebräuchlichen Schutzmittel als vollkommen bezeichnet werden.

Bei Leitungen von 100 000 Volt und darüber hat man die Beobachtung gemacht, daß diese sich selbst dadurch gegen Überspannungen schützen, daß die Betriebsspannung nahe an der Glimmspannung liegt. Treten Überspannungen auf, so wird deshalb die Leitung zu glimmen beginnen und die Überspannungsenergie ausstrahlen. Die Verwendung dieser Erscheinung für die meist gebräuchlichen mittleren Hochspannungen scheiterte bisher immer daran, daß selbst die dünnsten aus Festigkeitsrücksichten noch zulässigen Drähte und Seile von 10 qmm erst bei etwa 50 000 Volt wirksam zu glimmen beginnen.

Der Verfasser ermöglicht die Verwertung der Glimmwirkung als Überspannungsschutz auch für die meist gebräuchlichen Hochspannungen von 10 000—30 000 Volt dadurch, daß er die Freileitungen vor den zu schützenden Schalt- und Transformatorenanlagen auf eine kurze Strecke (etwa 200 m) als *Spezialstacheldraht* verlegt. Eine solche mit sehr zahlreichen Stacheln ausgerüstete Schutzstrecke vereinigt in sich gleichsam die Wirkung dreier verschiedener, bisher gesondert eingebauter Schutzapparate, indem sie erstens wie die Hörnerableiter ventilartig die Überspannungsenergie abführt, zweitens ruhende statische Ladungen ausstrahlt, also beseitigt, wie die Erdungsapparate, und drittens die Formen etwaiger steilstirniger Wanderwellen abflacht wie die Kondensatoren.

Der neue Schutz hat deshalb neben der Einfachheit der Konstruktion vor den bekannten Einrichtungen noch den Vorteil umfassenderer Wirkung voraus.

Die Felten & Guilleaume A.-G., Köln-Mülheim, die die Schutzrechte besitzt, hat eine einfache Lösung gefunden, beliebig dicke Leitungen unmittelbar vor dem Aufbringen auf die Maste bequem und schnell mit einer entsprechend großen Zahl von Stacheln zu versehen, indem um den Leiter mittels eines Sonderwerkzeuges kammartig gestanzte dünne Bänder gleichen Materials wie der Leiter spiralig aufgewickelt werden, während gleichzeitig die Spitzen senkrecht zum Leiter abgebogen werden. *Autoreferat.*

Herstellung eines Stacheldrahtschutzes um eine Freileitung.

Über die künstliche Klärung des Bernsteins. Harz tritt aus den Wunden der Nadelbäume mit Zellsaft gemischt und deshalb getrübt hervor. Unter Einwirkung der Sonne, findet eine Klärung statt, die über verschiedene Stufen schließlich bis zur Bildung des klaren Steins führen kann. Die verschiedenen Varietäten des Bernsteins, die durch Versteinerung hervorgehen konnten, haben sämtlich zu gewissen Zeiten Beachtung und Wertschätzung gefunden; nur dort, wo die Trübungen unregelmäßig oder wolkig verteilt waren, empfand man sie als störend und suchte sie zu entfernen.

Bernstein ist in einem gewissen Maße für Flüssigkeiten und Gase durchlässig. Flüssigkeitseinschlüsse verschwinden mit der Zeit beim Liegen des Bernsteins an der Luft, sie können durch Einlegen in Wasser nach und nach wiedererhalten werden. Die ursprünglich mit Zellsaft gefüllten Bläschen haben im Laufe der Zeit ihren Inhalt ebenfalls verloren, die nunmehr in ihnen enthaltene Luft wirft auffallendes Licht durch Totalreflexion zurück und veranlaßt mehr oder weniger gelbliche und weiße Farbentöne in dem goldfarbigen Edelharz. Gelingt es, die kleinen Hohlräume auszufüllen und dadurch zu beseitigen, so kommt die durch sie veranlaßte Störung in Fortfall.

Versuche, den getrübten Bernstein zu klären, sind nach *Plinius* bereits von dem König Archelaus in Kappadocien angestellt worden, der das zu veredelnde Material in dem Fette eines Spanferkels kochen ließ. Diese Methode ist im späteren Mittelalter mehrfach wiederholt worden, ohne daß etwas über den erzielten Erfolg angegeben wurde. Erst vor etwa 2 Jahrhunderten benutzte man Rüböl und kam nach etwa weiteren 100 Jahren zu einer solchen Kunstfertigkeit, daß man Vergrößerungsgläser, Linsen, Brillen, Lupen, Prismen aus

geklärtem Bernstein herstellen konnte und für diese angefertigten optischen Instrumente reichen Beifall fand. Zuletzt werden noch im Jahre 1835 Brillen aus klar gekochtem Stein erwähnt; sie waren in London hergestellt und von einer Leistungsfähigkeit, welche die der gebräuchlichen Gläser übertreffen sollte. Heute benutzt man diese Klärungsmethode nur noch dazu, sog. Braunschweiger Korallen und feinere Schmuckgegenstände herzustellen.

Der jetzt noch benutzte Weg des „Klarierens" ist der folgende. Der Bernsteinarbeiter legt auf den Boden eines eisernen Tiegels einen Bogen Papier und auf ihn die Stücke, welche geklärt werden sollen, doch nicht in soviel Schichten, daß ihm der Überblick verloren geht. Dann gießt er Rüböl soweit auf, daß die obersten Stücke gut bedeckt sind, und erwärmt langsam. Bernstein neigt bei der eigentümlichen Entstehungsart und den Verwitterungsvorgängen, die sich — auch beim bloßen Aufbewahren — an ihm abspielen, zur Bildung von Spannungen in seinem Inneren. Diese machen sich besonders bei Temperaturschwankungen bemerkbar; es entstehen gern eigentümliche, rundliche Sprünge, bei unvorsichtiger Behandlung in so großer Zahl, daß sie den Bernstein vollkommen unansehnlich machen. Deshalb legt man das Papier auf den Boden des Gefäßes und füllt das Öl in dickerer Schicht über das zu behandelnde Gut, deshalb läßt man die Temperatur beim Erwärmen auch so langsam ansteigen, daß man nach 3 bis 4 Stunden noch in das Öl hineinfassen kann, ohne die Hand zu verletzen; erst dann kann man das Feuer ungestraft vergrößern. Je niedriger die Temperatur und je länger die Zeit ist, die man bei der Arbeit verwendet, desto schöner wird das Kunstprodukt.

Vorzugsweise benutzt man die Klärung bei der Herstellung von sog. Braunschweiger Korallen. Diese sind große Perlen, welche die Größe eines kleinen Apfels haben können und bei deren Herstellung weniger auf die Schönheit der Form als auf ein möglichst hohes Gewicht der einzelnen Stücke geachtet wird. Bei der erheblichen Größe ist deshalb auch die Möglichkeit natürlicher Trübungen recht groß. — Werden die Stücke mehrere Tage hindurch in Öl erwärmt, so setzt die Klärung von außen her ein und wandert langsam nach innen hin. Die sog. „Flohm" zieht sich mehr und mehr zurück, aber von Tag zu Tag langsamer; schließlich kann sie zum Stehen kommen, so daß die Perle eine Trübung in ihrer Mitte hätte. Bei dem Kochen in Öl sind Veränderungen im Bernstein vor sich gegangen, die zum Auftreten von Spannungen geführt haben, besonders zwischen dem geklärten und dem noch ungeklärten Teil. Sobald der Bohrer auf diesen trifft, tritt ein Ausgleich der verschiedenen Spannungen ein, und das Stück durchzieht sich mit Rissen oder zerfällt in Trümmer. Dieses Mißgeschick sucht der Bernsteinarbeiter dadurch zu vermeiden, daß er die Durchbohrung bereits vor Beginn des Klarierens vornimmt. Das Öl wirkt dann von innen und außen gleichzeitig ein, die getrübten Teile bilden in der Koralle einen Ring, dessen Ebene senkrecht zum Bohrkanal steht, und verschwinden schließlich vollständig.

Ist die Klärung zu Ende geführt, so ist die Abkühlung wieder mit der äußersten Vorsicht ins Werk zu setzen. Das Feuer wird langsam verkleinert, der Tiegel vor gänzlicher Abkühlung abgehoben und in Tücher geschlagen.

Neben dieser Klärung auf nassem Wege wendete man vorübergehend auch eine auf trockenem Wege an. Die Stücke wurden in Papier gehüllt, an Fäden befestigt und in einem Gefäß zwischen Sand oder Asche erhitzt, wobei man darauf achten mußte, daß sie dem Boden und den Wandungen nicht zu nahe kamen. Um das Fortschreiten des Prozesses zu verfolgen, zog man das eine oder andere Stück hervor, löste das Papier, um es dann sofort wieder zu verschließen und den Bernstein aufs neue zu versenken. Dieser Weg führte zu keinen stets befriedigenden Ergebnissen, da das Äußere der Stücke sich wie bei weitgehender Verwitterung veränderte. Man konnte aber wahrnehmen, daß die Bläschen sich schlossen, daß sie „sich zusammenzogen".

Bernstein enthält 20 bis 25 % von einem in Alkohol löslichen Bestandteil, der bei 105 ° C schmilzt und schon bei 100 ° C bald erweicht. Bei dem Klarieren auf trockenem Wege füllt er die Bläschen aus; bei der Arbeit mit Öl kommt er nicht dazu, da er von diesem herausgelöst wird. Während des Kochens bilden sich wolkige Teile aus diesen Harzbestandteilen, die sich später beim Abkühlen auf dem Boden des Gefäßes absetzen. Beim Erhitzen klar gekochten Bernsteins tritt das aufgenommene Öl hervor und zersetzt sich unter Siedeerscheinungen; färbt man das Öl, so zeigt es nach dem Klarieren einwandfrei, daß es die Bläschen erfüllt und Totalreflexion beseitigt. Auch die viel gerühmten optischen Apparate aus klar gekochtem Stein konnten nur dadurch zu ihrer Wirkung kommen, daß er gleichsam mit dem stark lichtbrechenden Öl vollgesaugt wurde und deshalb wirkte, als wäre er mit ihm gefüllt. Die Sprünge, welche bei beiden Arten der künstlichen Klärung auftreten, sind rund und erinnern mit ihren eigentümlichen Riefen, Konturen und Zeichnungen bald an eingeschlossene Fischschuppen, bald an Münzen. Besonders Einschlüsse von Goldmünzen sind als merkwürdig in der Literatur erwähnt; die von ihnen mitgeteilten Fabeln enden stets damit, daß der Besitzer das Stück öffnet und in ihm nichts findet.

Dahms.

Schußwirkung auf Beton und Eisenbeton. Im Jahre 1915 ist durch den General des Ingenieur- und Pionierkorps beim Generalgouvernement in Belgien eine geheime Denkschrift herausgegeben worden „Über die Ergebnisse der Beschießung der Festungen Lüttich, Namur, Antwerpen und Maubeuge sowie des Forts Manonviller im Jahre 1914". Soweit dabei das Verhalten des Betons und Eisenbetons gegen Beschuß in Frage kam, sind die betreffenden Feststellungen durch einen für diesen Zweck besonders eingesetzten Sachverständigenausschuß gemacht worden. In Heft 3 der Zeitschrift „Der Bauingenieur", 1920, habe ich eingehend über diese Denkschrift berichtet. Das Wesentliche darüber sei hier mitgeteilt.

Die Denkschrift bietet sehr viel Lehrreiches über das Verhalten des Betons und Eisenbetons gegenüber außergewöhnlichen Kraftwirkungen, wie sie sonst höchstens bei großen Explosionen vorkommen.

Zunächst ist die Beschaffenheit des Betons und Eisenbetons in Decken, Wänden und Widerlagern behandelt. Es ist als erwiesen anzusehen, daß der Beton in den belgischen Festungen schlechter hergestellt war als bei uns, sowohl in bezug auf die Zusammensetzung, namentlich aber hinsichtlich der Verarbeitung. In Belgien erfolgte die Herstellung mit sehr verschiedenem Wasserzusatz. Die Größe des Wasserzusatzes ist in jedem Falle mit Rücksicht auf den Verwendungszweck des Betons zu wählen. Bei den belgischen Forts fehlte hier offenbar jedes Sachverständnis.

Den verhältnismäßig größten Rahmen der Denkschrift nimmt die Erörterung der Schußwirkung gegen die Decken ein. Die Beobachtungen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Die Betondecken haben im allgemeinen der Beschießung durch 21-cm-Granaten gut widerstanden. 30,5-cm-Granaten haben nur in einem Falle eine 3 m starke Betondecke durchschlagen. Dagegen erreichte die 42-cm-Granate eine Reihe von Durchschlägen, indem sie in der Decke, also nicht etwa erst nach Durchschlagen der Decke detonierte. Die Betonstärke der durchschlagenen Decke betrug 2—3 m, die Erddeckung 0,3—4 m, in einem Falle war die Betonstärke 3,5 m und keine Erdschüttung vorhanden.

Mehrere Fälle sind festgestellt worden, bei denen 42-cm-Granaten die betreffenden Decken nicht durchschlagen haben. Diese Decken waren 3 und 3,7 m stark und unbeschüttet bzw. 2,5—3,1 m stark bei 4—8 m Erddeckung.

Anschließend sind für die künftige Gestaltung von Decken bestimmte Vorschläge gemacht. Nach dem Auftreffen des Geschosses muß in erster Linie die Wucht des Stoßes verzehrt werden. Das Geschoß dringt, vielleicht noch mit drehender, bohrender Bewegung ein, und zwar soweit, bis die Wucht des Stoßes verzehrt ist oder bis die Detonation erfolgt. Beim Eindringen des Geschosses in eine sehr starke Betondecke wird sich die Zertrümmerung allmählich auf einen sich stetig verkleinernden Umkreis beschränken, da die Energie des Geschosses abnimmt und das weiter umgebende Material mit Zunahme der Tiefe mehr und mehr an der Übertragung teilnimmt. Auf diese Weise entsteht eine trichterförmige Vertiefung, die naturgemäß durch Detonation des Geschosses vergrößert wird. Jeder Schuß verursacht also durch Zermalmen und Abtrennen von Material eine trichterförmige Vertiefung an der Treffstelle.

Erste Aufgabe ist daher, die Bauwerke so zu gestalten, daß die Wucht der Treffer auf dem kürzesten Eindringungsweg aufgenommen wird. Große Härte der Auftreffschicht und großes Arbeitsvermögen des Materials an der Treffstelle sind somit erwünscht. Soweit von einer Stahlpanzerung der Kosten wegen abzusehen ist, muß daher bester Eisenbeton angewendet werden.

Zu erwägen bleibt, ob und inwieweit durch Anordnung einer Schicht aus hochwertigem Naturstein die Widerstandsfähigkeit des Bauwerkes erhöht werden kann. Maßgebend ist hier u. a. die Kostenfrage. Schließlich sind Erwägungen darüber angestellt, ob eine bis zu einem gewissen Grade elastische Decke erfolgversprechend sein würde. Ihr Zweck kann nur der sein, die Wucht des Stoßes beim Auftreffen des Geschosses nach Möglichkeit zu mildern, was durch rasche Verteilung der beim Auftreffen wirkenden Kräfte zu erreichen wäre. Hierfür erscheint eine elastische Schicht am meisten geeignet, und es wurde für sie eine aus Spiralen von kräftigen Stahlstäben — 30—40 mm $\varnothing$ — bestehende Matratze, die mit Sand auszufüllen wäre, vorgeschlagen. Die Matratze wäre zwischen eine obere und eine untere Eisenbetonschicht einzulegen.

Diese Vorschläge haben natürlich alle mehr oder weniger theoretische Bedeutung und könnten nur durch Versuche auf ihre Zweckmäßigkeit geprüft werden.

Bei der Besprechung der Schußwirkung gegen Außenwände und gegen innere Widerlager wird die Schuld an den Zerstörungen in der Hauptsache dem Umstand zugeschrieben, daß man gegenüber gewöhnlichen Hochbauten nur die Maße der Wände und Decken vergrößert hatte, was unzureichend ist.

Die Möglichkeiten der Beanspruchung der Festungswerke sind so mannigfaltig, daß nicht allein mit größeren Schubkräften im Gebiet der Treffstellen zu rechnen ist, sondern auch exzentrische Belastungen der Widerlager und horizontale Kräfte Beachtung zu finden haben.

Die zum Teil starken Zerstörungen der Fundamente und die Zertrümmerungen und Einstürze von Schüssen, die neben beschütteten Wänden von Hohlgängen und Korridoren niedergingen, lassen sich darauf zurückführen, daß die Gründung nicht so durchgeführt war, wie es der Baugrund erforderte und nach den deutschen Bestimmungen hätte geschehen müssen. Unsere vorschriftsmäßig gegründeten Festungsbauten würden hinreichende Widerstandsfähigkeit gegen Beschießung besitzen.

Die Denkschrift kommt zu dem Schluß, daß die Technik des Bauens in den Festungen, die hier betrachtet worden sind, weit hinter den neueren Erfahrungen und Grundsätzen zurückbleibt. Dies war nicht nur in den älteren Festungen und Forts der Fall, sondern auch bei den in den letzten Jahren vor dem Kriege gebauten Antwerpener Forts und den zur Verstärkung der Antwerpener Forts bei Kriegsbeginn in Ausführung befindlichen Arbeiten.

Wenn die belgischen Forts nach unsern deutschen Vorschriften für den Festungsbau ausgeführt worden wären, hätte die Beschießung zweifellos bei weitem nicht den Erfolg erreichen können, wie es bei den eroberten Festungen der Fall war. *W. Petry.*

Thermoelemente ohne Platin zur Messung hoher Temperaturen. Anstatt des Platin-Platinrhodium-Thermoelements nach *Le Châtelier* kann man, wie Dr. *M. Neumann* in der Chemiker-Zeitung, 41. Jahrg., S. 288, berichtet, zur Messung von Temperaturen, die unterhalb 1100° C liegen, ebenso gut auch Thermoelemente aus unedlen Metallen benutzen. Bis zu 500° z. B. lassen sich mit Erfolg Thermoelemente aus Kupfer-Konstantan verwenden, die sich für alle Temperaturmessungen beim Dampfkesselbetrieb und ähnliche Zwecke bewährt haben. Für Temperaturen bis zu 900° empfiehlt sich die Verwendung des Eisen-Konstantan-Elements, das für Härtereien, Zinkgießereien und Verzinkungsanlagen gut brauchbar ist; auch beim Glühen von Messingteilen genügt dieses Element vielfach allen Anforderungen. Für noch höhere Temperaturen eignet sich das Nickel-Nickelchromdraht-Thermoelement von *Siemens & Halske*, das bis zu 1100° durchaus zuverlässig und haltbar ist. Diese Thermoelemente vermögen in zahlreichen Fällen die Platin-Thermoelemente, die heute sehr teuer sind, vollkommen zu ersetzen, so z. B. bei fast allen Glühprozessen, bei Feuerungen mit Winderhitzung und in ähnlichen Fällen, wo man bisher fast stets Platin-Thermoelemente benutzt hat. Man wird diese somit künftig nur für Temperaturen von mehr als 1100° verwenden, doch kann man sich vielfach für diese Zwecke auch des optischen (freilich *nicht* registrierenden) Pyrometers nach *Holborn-Kurlbaum* bedienen, das in seiner verbesserten Form auch weniger geübten Personen die Ausführung genauer Messungen ermöglicht. *S.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 22. (Seite 413—428) **28. Mai 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Pflanzenwuchs und Kohlensäure. Von *Hugo Fischer, Essen a. R.* S. 413.

Der Einfluß des Windes im Luftverkehr. Von *E. Everling, Berlin.* S. 418.

Besprechungen:

Sommerfeld, Arnold, Atombau und Spektrallinien. Von *J. Franck, Berlin.* S. 423.

Ostwald, Wilhelm, Grundlinien der anorganischen Chemie. Von *R. J. Meyer, Berlin.* S. 424.

Stock, Alfred, Ultrastrukturchemie. Von *R. J. Meyer, Berlin.* S. 424.

Werner, A., Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie. Von *A. Rosenheim, Berlin.* S. 425.

Chemiker-Kalender 1920. Von *J. Koppel, Berlin-Pankow.* S. 425.

Wärmetabellen. Von *W. A. Roth, Braunschweig.* S. 427.

Abraham, M., Theorie der Elektrizität. Von *E. Orlich, Berlin-Charlottenburg.* S. 427.

Berichte gelehrter Gesellschaften:

Akademie der Wissenschaften in Wien, 1919. S. 427.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.

Binokulares Mikroskop mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren

Mikrophotographische und Projektionsapparate

Mikrotome, Lupen und Lupenmikroskope ❖ Prismenfernrohre.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 18.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.80.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser, Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang Berlin { *Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.* / *Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche* / *Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)*

Die Anschaffung des
Handwörterbuchs der Naturwissenschaften

10 Bände in Halbfranz 1200 Mk., Auslandspreis 3000 Mk., erleichtert durch Verteilung des Betrages auf mehrere Jahre oder Amortisation in 10% Monatsraten. Das Werk wird sofort vollständig geliefert. Ein Band gern zur Ansicht.

H. Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungskraftmaschinen und Kraftgas-Anlagen

Von

Hugo Güldner

Dr.-Ing. e. h. und Maschinenbaudirektor, Vorstand der Güldner-Motoren Gesellschaft in Aschaffenburg

Dritte, neubearbeitete und bedeutend erweiterte Auflage

Unveränderter Neudruck

Mit 1282 Textfiguren, 35 Konstruktionstafeln und 200 Zahlentafeln

Gebunden Preis M. 80.— (und Sortimentszuschlag)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 28. Mai 1920. Heft 22.

Pflanzenwuchs und Kohlensäure.

Von Hugo Fischer, Essen a. R.

Noch lange nach Mitte des vorigen Jahrhunderts herrschte bei Theoretikern und Praktikern des Pflanzenbaues die *„Humustheorie"*, nach welcher die Pflanzen mittels der Wurzeln und mit dem Bodenwasser nicht nur die Nährsalze, sondern auch den gesamten Kohlenstoff, diesen aus dem „Humus", den organischen Bestandteilen des Bodens, aufnehmen sollten. Es mag den führenden Männern von damals zu unwahrscheinlich vorgekommen sein, daß gerade der Kohlenstoff, der vom Trockengewicht der Pflanze mehr als die Hälfte ausmacht, der als Zellstoff das feste Gerüst derselben bildet, daß gerade der aus der Luft stammen solle. Dabei aber war eben diese Tatsache längst bekannt.

Schon die Entdecker des Sauerstoffs, *Priestley* und *Scheele*, hatten Beziehungen zur Pflanze beobachtet, der eine, daß sie Sauerstoff abgebe, der andere, daß sie solchen verbrauche. Den Widerspruch aufzulösen war *Ingenhousz* (auch *Ingen-Housz)* beschieden: er fand (1779), daß *im Licht* O ausgehaucht, im Dunkeln verbraucht werde. Dann stellte *Senebier* fest, daß jener freiwerdende O aus CO_2 entstünde. Aber noch deutete man diese Tatsache nur im allgemeinsten Sinne, auf den Stoffaustausch zwischen Tier- und Pflanzenreich: die einen verbrauchen O und geben CO_2 ab, die andern machen es umgekehrt, so bleibt das Gleichgewicht in der organischen Welt erhalten. Erst *Saussure* (1804) machte den klassischen Versuch, eine gleiche Anzahl Sämlinge im Dunkeln und im Licht wachsen zu lassen; nun fand er, verglichen mit dem Gewicht der Samen, daß im Licht *Vermehrung*, im Dunkeln *Abnahme des Trockengewichtes* stattfand, d. h. daß die Pflanze des C, den sie im Licht aus dem CO_2 aufnimmt, als wichtigen *Nährstoffes* bedarf.

Trotzdem gewann dann die verfehlte Humustheorie wieder die Oberhand, und erst *J. v. Liebig* und *J. Sachs* zeigten, daß man Pflanzen in reinem Wasser oder in reinem Quarzsand, nur mit Beigabe bestimmter mineralischer Nährsalze, bis zur Blüte und reifen Frucht heranziehen kann, wenn nur ihr Oberteil in eine CO_2 enthaltende Luft taucht. Damit war die Humustheorie endgültig widerlegt; leider ging man nun darin wieder einen Schritt zu weit und verfiel in die, z. T. noch heut verfochtene *Irrlehre*, der C im Humus sei für die C-Ernährung überhaupt gleichgültig! — entgegen dem *„alten Thaer"*, der schon 1806 klar erkannt hatte, daß der aus dem Humus entwickelte CO_2-Strom seine wichtigste Aufgabe darin erfülle, daß er an die Blätter herantretend von diesen aufgenommen und zu organischer Substanz verarbeitet werde. Demgegenüber kann man noch heut (!) hören und lesen, daß die Luft genügend CO_2 enthalte, um die Pflanzendecke der Erde ausreichend zu ernähren; das mag für ein durchschnittliches Wachsen und Gedeihen, Blühen und Fruchten ausreichen, aber nicht für die Höchsterträge, deren wir gerade in dieser Zeit dringend bedürfen, und deren wir in den letzten sechs Jahren ganz besonders bedurft hätten.

Die Frage, um welche es hier geht, ist die: ob es möglich ist, den Assimilationsvorgang künstlich zu steigern; da die aus CO_2 und H_2O, unter Austritt von freiem O, gebildeten einfachen *Kohlenhydrate*, welche die Grundlage des ganzen pflanzlichen und tierischen Stoffwechsels bilden, da sie als Material der *Atmung* die Betriebsenergie für jeden Lebensvorgang liefern, da aus ihnen alle anderen Körperstoffe, *Zellulose, Stärkemehl, Fette*, vor allem auch das ganze Heer der *Eiweißstoffe* sich aufbauen, so war von vornherein anzunehmen, daß eine Steigerung der C-Assimilation auf das Wachsen und Gedeihen der grünen Pflanzen von mächtigem Einfluß sein müsse. Letzteres besonders auch für ihr *Blühen* und *Fruchten*, bei welchem ein großer Verbrauch an Kohlenhydraten stattfindet.

Am Vorgang der C-Assimilation wirken hauptsächlich 3 Dinge mit: lebende, grüne Zellen, CO_2-haltige Luft, und als Energiequelle das Licht. Denn Assimilation und Atmung sind genau entgegengesetzte Vorgänge; wie Atmung Energie erzeugt, so muß Assimilation Energie verbrauchen:

Atmung: $C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 = 6\,CO_2 + 6\,H_2O$ + Energ.

Assimil.: $6\,CO_2 + 6\,H_2O$ + Energ. $= C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$.

Nun ist von obigen 3 Dingen das erste gegeben, vom Licht mehr vorhanden, als ausgenutzt werden kann, es bleibt also als praktisch einer Steigerung fähig nur der CO_2-Gehalt der Luft.

Dahingerichtete Versuche hat schon *Saussure* (1804) veröffentlicht und noch vor ihm *Perceval*, bei *S. zitiert*. Beide arbeiteten mit enorm hohem CO_2-Verhältnis, konnten aber bei 8 % noch kräftigeres Wachstum erreichen, darüber hinaus trat Schädigung ein. Später ist die Frage dann ganz in Vergessenheit geraten und hat vor allem für

die Praxis der Pflanzenerzeugung gar keine Folgen gehabt!

Den Assimilationsvorgang selbst zu studieren, ist es handlicher, mit abgetrennten Blättern oder Zweigen zu arbeiten; bei eingetopften Pflanzen wird man (sofern es nicht gelingt, den Oberteil luftdicht in das Versuchsgefäß einzuführen, während der Blumentopf draußen bleibt) immer mit dem aus dem Boden entweichenden CO_2, und selbst bei Verwendung reinsten Quarzsandes immer noch mit der Wurzelatmung zu rechnen haben. Bei abgetrennten Blättern oder Zweigen ist aber wiederum die Assimilationstätigkeit gehemmt, weil die äußerst wichtige *Ableitung* der Assimilate nicht in normaler Weise stattfinden kann. Ein allgemein gültiger Satz aber sagt, daß ein jeder Reaktionsvorgang in seinem Ablauf durch Anhäufung der Reaktionsprodukte verlangsamt wird, gegebenenfalls bis zum völligen Stillstand. Versuche dieser Art sind ohne Zweifel auch höchst wertvoll, wenngleich sie für das Wohl und Wehe ganzer Pflanzen nicht ausschlaggebend sein können.

Solche Versuche haben *Godlewski* (1873) und *Kreusler* (1885) veröffentlicht. *G.* stellte fest, daß bis zu 5 oder 8 % CO_2 in der Luft noch Assimilationssteigerung, dann Stillstand und Rückgang, stattfand; nicht alle Pflanzenarten scheinen sich darin gleich zu verhalten, vielmehr ist die CO_2-Gabe, bis zu welcher die Assimilation noch zunimmt, bei verschiedenen Pflanzen verschieden hoch (übrigens auch von der Lichtstärke, der Temperatur, dem Grade der Wasserdurchströmung usw. mehr oder weniger abhängig). *K.* lieferte sehr umfassende Untersuchungen über Assimilation und Atmung der Blätter, namentlich unter verschiedenem CO_2-Gehalt der Luft, in Beziehung zur Wärme und zur Wasserversorgung und Wasserverdunstung. Wohl seine wichtigste Feststellung war die, daß bei verdoppelter CO_2-Menge aus verdoppelter Luftmenge wenig mehr assimiliert wurde, aber *bedeutend mehr bei verdoppelter CO_2-Menge aus einfachem Luftraum*, m. a. W., daß es *nicht* auf die *absolute Menge* des vorhandenen CO_2 ankommt, sondern auf die *relative Konzentration*. Aber auch diese wichtigen Arbeiten fanden keine Fortsetzung und keine Nutzanwendung in Richtung auf die Hauptfrage: Gedeihen und Erträge der Pflanzen!

Die Assimilation, das geht schon aus den älteren Arbeiten hervor und hat in neueren immer wieder Bestätigung gefunden, ist also in hohem Grade von Außenbedingungen abhängig, so von der Temperatur, von der Wasserversorgung, am meisten aber natürlich vom Grade der Belichtung und dem CO_2-Gehalt der umgebenden Luft; auch unter diesen Bedingungen gilt das *„Gesetz des Minimums"*, das von *Liebig* begründet, bisher immer nur auf die Mineralstoffe, Wasser, Temperatur und sonstige Wachstumsbedingungen angewandt worden ist, aber selbstverständlich für die CO_2-Ernährung und deren Bedingungen nicht weniger Geltung hat. Jenes Gesetz besagt, daß eine volle Entwicklung bzw. ein voller Ertrag nur zu erwarten sind, wenn *alle* Nährstoffe usw. in der dafür erforderlichen Menge vorhanden sind; ist es einer von ihnen nicht, so ist die Entwicklung dadurch begrenzt, auch wenn alle anderen Nährstoffe und sonstigen Bedingungen im Überfluß vorhanden sind. Also: das Wachstum einer Pflanze, wie der Ertrag eines Ackers kann immer nur *die* Höhenstufe erreichen, welche diejenige Wachstumsbedingung gestattet, die „im Minimum" ist.

Gerade der bisher übersehene Punkt ist aber von allergrößter Wichtigkeit: das Minimumgesetz muß auch für die C-Ernährung Geltung haben, und von dieser aus in den anderen Richtungen in Beziehung gesetzt werden. Zwar enthält das Luftmeer viele Billionen Kilogramm CO_2, aber wir sahen schon oben, daß es eben nicht so sehr auf die absolute Menge, als auf das Konzentrationsverhältnis ankommt, und das beträgt durchschnittlich nur 3 l in 10 cbm Luft, also 30 : 100 000. Die Blätter können nur einen Teil der strahlenden Sonnenenergie ausnützen, was ja z. T. daran liegt, daß nur ein Teil des Lichtes aktiv tätig ist: vorwiegend die rotgelben bis gelben Strahlen, daneben noch die blauen, während das äußerste Rot, die grünen und die violetten bis ultravioletten Strahlen ungenützt hindurchgehen. Aber auch die im Blatt wirksamen Strahlen werden nur zu einem Bruchteil in chemische Energie umgesetzt, und das liegt eben mit daran, daß einer höheren Ausnützung durch die zu geringe CO_2-Konzentration die Grenze gezogen ist, trotz der Billionen Kilogramm im Luftmeer der Erde. Steigert man den CO_2-Gehalt der Luft, so steigt damit auch die relative Ausnützung des Lichtes. Es ist nun ein sehr naheliegender und ohne weiteres wahrscheinlicher Schluß, daß auch die mineralischen Pflanzennährstoffe besser ausgenützt werden, wo ihnen eine höhere CO_2-Gabe geboten ist als jene 30 : 100 000.

Tatsächlich ist das auf jedem normal gedüngten Stück Landes der Fall, und zwar, da der Landwirt etwa alle 3 Jahre einmal Stallmist oder Gründüngung anwendet, im ersten Jahr am meisten, im dritten am wenigsten. *„Humus"* im strengen Sinne des Wortes bedeutet eine chemisch schwierig zu definierende Körperklasse; im praktischen Pflanzenbau bezeichnet man allgemein damit den Übergang zwischen der Pflanzensubstanz, wie sie als Wurzelreste, Stallmist, Torfstreu, Kompost, Gründüngung, Moorerde, Teichschlamm usw. in den Boden gelangt, und dem Endzustand der Zersetzung, der schließlich in völliger Mineralisierung besteht, ihre Endprodukte sind Kohlendioxyd, Ammoniak, Salze der Salpeter-, Schwefel-, Phosphorsäure usw. Diese sind das Werk wohltätiger Bodenbakterien, die darum überaus nützlich sind, denn erst im mineralisierten Zustand sind jene dem Boden einver-

leibten Stoffe der Pflanzenwurzeln als Nährstoffe aufnehmbar. Dieser „Humus" ist nun aber nicht nur deshalb schätzenswert — gerade als Zwischenstufe erfüllt er eine Reihe wesentlicher Aufgaben im Boden. In lockerem Sandboden erhöht er dessen geringe wasserhaltende Kraft, weil er das Wasser nicht nur, wie die Sandkörner, kapillar, sondern kolloidal, in die Substanz selbst, aufsaugt, wie das in schweren Böden auch die Tonteilchen tun, die ja ebenfalls kolloider Natur sind. Wie diese saugen die Humusteilchen mit dem Wasser auch die Bodensalze auf und schützen sie mehr oder weniger vor Auswaschung durch die Sickerwässer. Schwerer Boden aber wird durch seinen Humusgehalt lockerer, erstens weil die Humusteilchen in sich quellen und schrumpfen, nicht in großen Klumpen, wie zäher Lehm, zweitens wirkt auch ihre Zersetzung selbst dahin, daß der Boden poröser wird; Kalk wirkt in gleicher Richtung, weil er rein physikalisch die Teilchengröße des Tons hinaufsetzt und überdies die bakterielle Zersetzung fördert. Weiter dient Humus in den ersten Stadien der Umsetzung als Nahrung, in den späteren wohl mehr als Reizstoff den Stickstoff sammelnden Bodenbakterien, so daß ein humusreicher Boden mit seinem Stickstoffgehalt sparsamer haushält als ein humusarmer. Als wichtigstes Produkt der Zersetzung entsteht aus ihm die Kohlensäure, die zunächst im Boden in statu nascendi lösend auf die dort z. T. in schwerlöslicher Form vorhandenen Mineralstoffe wirkt, ihre bedeutendste Aufgabe aber (s. o.) erst *oberirdisch* erfüllt, indem so die untersten Luftschichten mit CO_2 angereichert werden und damit der Assimilation, der Kohlenstoffernährung der Pflanzen günstigere Bedingungen bereitet werden.

Dazu hat nun ganz neuerdings *E. Reinau* in „Kohlensäure und Pflanzen" (Halle a. S. 1920) eine vielleicht noch nicht auf ganz festen Füßen stehende, aber ganz gewiß interessante und der Wahrheit wohl nahe kommende Theorie aufgestellt: die *„Kohlensäureresttheorie"*. Auf Grund einer Arbeit von *Brown* und *Escombe* errechnet er, die 30 CO_2 im Durchschnitt der Luftanalysen[1]) seien gar nicht diejenige CO_2-Menge, die den Pflanzen und ihren Assimilationsorganen zur Verfügung steht, sondern vielmehr der *Rest,* der von ihnen „unter gewöhnlichen Bedingungen" *nicht mehr aufgenommen und verwertet werden kann.* Die CO_2-Teilchen gelangen durch Gasdiffusion ins Innere des Blattes, auf dem Wege durch die winzig feinen Spaltöffnungen[2]).

Die Diffusion folgt den allgemeinen Gesetzen, sie kann nur geschehen, wenn ein „Druckgefälle" vorhanden ist, m. a. W., wenn die Außenluft an CO_2 reicher ist als die lichten Räume des Blattinneren. Nun würde nach den Angaben von *B.* und *E.* der Innendruck schon nahe an 30 herankommen, also die Aufnahmefähigkeit aus einer Luft von 30 CO_2 sehr gering sein; aber schon eine mäßige Steigerung des Außendrucks müßte die Diffusions- und damit auch Assimilationsmöglichkeit wesentlich verbessern.

Reinau selbst hat mit seinem verstorbenen Freunde *Klein* (Chem.-Ztg. 1914, 125) vormals über einem Kohlfelde bei sonnig-windstillem Wetter keine Spur von CO_2 mehr nachweisen können; wenn also doch „unter gewöhnlichen Bedingungen" nicht besser die Luft ihres CO_2-Gehaltes entleert wird, so muß das wohl eine besondere Ursache haben. Erwägungen, zu denen ich selbst schon gedrängt worden war, denen aber *F. Bornemann* (Mittlgn. d. D. Landw.-G. 1919, 283, ferner „Kohlensäure und Pflanzenwachstum", Berlin, Parey, 1920) zuerst bestimmten Ausdruck verliehen hat: Die Diffusionsgeschwindigkeit eines CO_2-Teilchens vor einer Spaltöffnung kann nur gering sein, ist jedenfalls viel geringer als die eines Windes von 1 oder mehreren m/sec. Der *Wind* ist es also wohl, der die CO_2-Teilchen so rasch an den Blattflächen vorübertreibt, daß damit ihr Eindringen ins Blattinnere äußerst erschwert wird. Da nun völlige Windstille verhältnismäßig selten herrscht, ist die Ausnützung der Luft bis auf einen CO_2-Druck = 0 nicht wohl möglich. *B.* weist mit Recht darauf hin, wie die Umzäunung der Gärten ganz vorwiegend in der Richtung nützlich sein muß, daß den Pflanzen durch den Windschutz die lebensnotwendige C-Gewinnung erleichtert wird. —

Mein Interesse für die Frage einer künstlichen CO_2-Zufuhr zur grünen Pflanze wurde vor fast 28 Jahren erweckt durch Erwägungen, die zunächst auf ein anderes Problem gerichtet waren. Längst bekannt war, daß die *Blütenbildung* der Pflanzen von äußeren Bedingungen, ganz besonders vom *Licht,* abhängig ist; nur die nähere Beziehung und Bedeutung dieses Zusammenhanges war aufzuklären. Bald wurde mir klar, daß in Vorgängen und Zuständen des *Stoffwechsels* die Ursache liegen müsse; kurz gesagt: es ist ein gewisses *Überwiegen der Kohlenhydrate,* der *„Lufternährung"* über die *„Bodenernährung"* (Wasser, + Nährsalze), was die Pflanze veranlaßt, aus dem vegetativen Zustand in den der geschlechtlichen Fortpflanzung (Blütenbildung) überzugehen. Unter den Aschenbestandteilen ist es besonders der Stickstoff, der die Pflanze zu lebhafter vegetativer Entwicklung anregt, während Phosphor die Blühreife zu beschleunigen scheint. Bei reicher Wasserversorgung in mäßiger Belichtung,

[1]) Die von *R.* vorgeschlagene Schreibweise „30" statt 30 : 100 000 ist sehr praktisch und sei auch hier angewandt.

[2]) Diese befinden sich fast ausnahmslos auf den Unterseiten der Blätter; man hat das bisher so gedeutet, daß sie dort besser vor Verstopfung durch Staubteilchen geschützt sind; vor Jahren schon habe ich betont, daß darin hauptsächlich eine Anpassung an dem *aus dem Boden-aufsteigenden Kohlensäurestrom* zu sehen sei, den sie so am besten auffangen und ausnützen.

aber guter Boden-, namentlich Stickstoffernährung, kann man nach *Klebs* Pflanzen, die sonst in wenigen Monaten zur Blüte gelangen, jahrelang rein vegetativ weiter züchten. Weil aber gerade der Stickstoff die Blattbildung, also durch Hervorbringen von Assimilationsorganen mittelbar die Assimilation fördert, so wird, wenn man nicht absichtlich immer wieder frischen Stickstoff hinzugibt, unter normalen Bedingungen doch nach einiger Zeit der blühbare Zustand eintreten. Man findet diese Frage etwas ausführlicher behandelt und die Literatur dazu bei *Klebs* im Handwörterbuch d. Naturw., *4.*, Jena, 1914, S. 288 ff.

Aus solchen Erwägungen drängte sich mir natürlich die Frage auf, ob sich, wenn sie richtig waren, nicht durch Steigerung der Assimilation, die (s. o.) nur durch Erhöhung des CO_2-Gehaltes der umgebenden Luft geschehen konnte, nicht eine Förderung und Beschleunigung der Blütenbildung zu erreichen wäre. Eins nämlich ist gewiß, und diese Tatsache bildete die Grundlage meiner Theorie der Blühbarkeit: *bei Anlage der Blüten wird eine große Menge von Kohlenhydrat veratmet,* was man sowohl mit dem CO_2-Niederschlag in Barytwasser, wie auch mit dem Thermometer nachweisen kann. Folglich muß das Blühen an die Verfügbarkeit einer gewissen Summe von Assimilation gebunden sein; evtl. müßte es aufhören, wenn dieses Kapital erschöpft ist. Die Tatsachen haben der Theorie recht gegeben.

Erst mit dem Frühjahr 1911 wurde es mir möglich (Jahre waren vergangen, weil ich selbst nicht über die Mittel verfügte), Versuche in der längst geplanten Richtung zu beginnen, auch jetzt noch räumlich und zeitlich unter großen Einschränkungen. Trotzdem war gleich in der ersten Versuchsreihe der Erfolg sichtbar, nur freilich zu „Schaustücken" konnte ich meine Pflanzen in den vier je ⅓ cbm fassenden Glashäuschen nicht erziehen, in welchen sie natürlich recht gedrängt standen und so das an sich schon geschwächte Licht sich noch gegenseitig streitig machten; eine Vollausnützung der CO_2-Gaben war dadurch nicht einmal möglich. Von meinen ersten Versuchsobjekten gaben Mimulus luteus[1]) nach 25 Tagen (hart am Boden abgeschnitten und gewogen) ein Gewichtsverhältnis unbehandelt zu behandelt wie 100 : 141, Nicotiana tabacum[2]) nach 39 Tagen 100 : 160, Coleus hybridus nach 41 Tagen 100 : 225. Je drei Stöcke von Pelargonium zonale standen in den drei Häuschen mit CO_2 am 40. Tage in voller Blüte, die im Kontrollversuch ließen eben erst Knospen sehen und waren um gut 8 Tage zurück; dabei standen aber erstere in ungünstigeren Lichtverhältnissen, wegen der stärkeren Entwicklung der sonst noch in den Häuschen stehenden Pflanzen. Ich gab zunächst CO_2 aus der Stahlflasche, über Wasser in Kolben von 2 l, 1 l und ⅓ l aufgefangen; die höchsten Gewichtszahlen gaben nicht immer die Pflanzen mit der höchsten CO_2-Gabe. Später entwickelte ich in offener Schale CO_2 aus Kalkstein und roher Salzsäure, nachdem ich festgestellt hatte, daß die Pflanzen nicht durch Säuredämpfe leiden, wenn man in die Schale schon etwas Wasser gibt und die Säure zuvor 1 : 1 verdünnt. Als ich dann in etwas größeren Räumen arbeiten konnte, versuchte ich es auf eine dritte Art, durch Abbrennen von Spiritus. Der Erfolg war im wesentlichen der gleiche. (Vgl. Gartenflora 1912, 1914.)

Erst im Sommer 1912 erfuhr ich zufällig von drei Arbeiten, welche fast ganz übersehen und rasch vergessen worden waren: *Demoussy* hatte in den Pariser Comptes rendus 1903 und 1904 seine mit den meinigen gut übereinstimmenden Versuchsergebnisse veröffentlicht. Später haben andere, *Löbner,* Deutsche Gärtn.-Ztg. 1913, *Winter,* Gartenflora 1913, *Klein* und *Reinau,* Chem.-Ztg. 1914, *Ferd. Fischer,* D. Gärtn.-Ztg. 1914, *Kisselew,* Beih. Botan. Centrb. *I,* 32, 1914, *Gerlach,* Mittlg. d. D. Landw.-G. 1919, *Bornemann*[1]) „Kohlensäure und Pflanzenwachstum", Berlin 1920, ähnliche Versuche angestellt und fast durchweg die gleichen Ergebnisse gehabt. Teilweise Mißerfolge berichtet *Gerlach* a. a. O., der aber die CO_2-Gabe in sehr rasch bewegtem Luftstrom an seinen Pflanzen vorbeischickte, was nach *Bornemann* (vgl. o.) wohl die Ursache der geringeren Ausnützung war. Nur Mißerfolge hatte *Ewert,* Gartenflora 1916, aber an Buschbohnen, mit denen ich hier in Horst (vgl. u.) sehr gute Resultate gesehen habe, und an Tropaeolum[2]), die mir schon 1911 ausgezeichnet reagiert hatten, ebenso anderen. Es ist natürlich eine Frage von ganz besonderem Interesse, woran diese Unterschiede im Ausgang der Versuche gelegen haben mögen.

Jedenfalls treten aber diese Ausnahmen vollständig zurück gegen die Regel, daß tatsächlich den Pflanzen eine höhere CO_2-Gabe überaus förderlich ist. Es hat sich immer wieder gezeigt, daß die behandelten Pflanzen

- wesentlich mehr an Grünmasse erzeugen (*Kisselew* bei Balsaminen 100 : 430!),
- früher zum blühreifen Zustand gelangen (bei 6- bis 8-wöchiger Behandlung um 1 bis 2 Wochen beschleunigt),
- üppiger, z. T. auch größer und in lebhafterer Farbe blühen,
- reichlicher Frucht ansetzen (zum 1. Mal von mir an Tomaten festgestellt, Verhältnis 100 : 183),
- auch widerstandsfähiger gegen tierische Schädlinge sein können (bisher 3 Fälle beobachtet).

[1]) Gauklerblume.
[2]) Tabak.

[1]) Aus dessen Versuchen, mit Humus als „Kopfdünger", ergab sich u. a. reichere Bestockung des Getreides, ferner eine Rübenernte von 100 : 181, davon überdies 16,4 : 17,9 % Zucker!
[2]) Kapuzinerkresse.

An einer Pflanze, an Hybriden von Tropaeolum, die von recht geringer Fruchtbarkeit waren, konnte ich durch CO_2-Gaben reicheren Samenansatz erhalten; es wäre für die botanische Vererbungsforschung von hohem Wert, wenn das öfter gelänge. —

Obwohl also die wenigen Mißerfolge durch die günstig verlaufenen Versuche reichlich aufgewogen wurden, und die große Bedeutung der Sache[1]) eigentlich für jeden Unbefangenen auf der Hand lag, war kein Vorankommen in der Angelegenheit zu spüren. Gewiß interessierten sich manche dafür, leider aber immer nur solche, die selbst nicht in der Lage waren, sie tatkräftig zu fördern. Das ist übrigens weder eine neue, noch überhaupt seltene Erfahrung (vgl. Angew. Botanik Bd. *1*, 1919, S. 138—146).

Einen Ruck nach vorwärts bekam die CO_2-Frage durch das Vorgehen unserer — nicht etwa Landwirtschaft oder Gärtnerei, nein — *Eisenindustrie*. Auf Betreiben von Dr.-Ing. *F. Riedel*, der auf diesen Gedanken Patent genommen, ist von der Deutsch-Luxemburgischen Bergwerks- und Hütten-A.-G., dank dem besonderen Eintreten von Generaldirektor Dr. *Vögler*, bei dem Stahlwerk Horst a. d. Ruhr im Jahre 1917 eine Anlage entstanden, die *Hochofenabgase* für Pflanzenkulturen nutzbar zu machen. Der *Abfallverwertung* verdankt der praktische Pflanzenbau schon drei der wichtigsten Düngemittel: das *schwefelsaure Ammoniak* der Gasfabriken und Kokereien, das *Thomasphosphat* der Eisenhütten, die *Kali* führenden Abraumsalze der Salzbergwerke. Nun kommt als vierte im Bunde die *Kohlensäure* hinzu. Um welche Mengen es sich dabei handelt, ist erstaunlich: der *kleine* Horster Hochofen verbrennt täglich soviel Kohlenstoff, als im Stärkemehl von fast 30 000 Zentnern Kartoffeln enthalten ist. Da nur Koks verwandt wird, so sind die Abgase von schwefliger Säure und Teerstoffen nahezu frei, verlangen also keine so weitgehende Reinigung, als wenn sie von einer Heizanlage kämen, welche Stein- oder Braunkohlen verbrennt. Übrigens geht ja das Bestreben dahin, möglichst in alle Betriebe Koks- oder Gasfeuerung einzuführen, was unter anderen Vorteilen auch den gewährt, daß Stickstoff, Schwefel, Teerstoffe und was sonst in Kohlen enthalten ist, nicht ungenützt oder gar schadenstiftend in die Luft gehen würde. Dies nur nebenbei. Die Abgase verlassen, wegen unvollkommener Verbrennung, den Hochofen noch mit starkem Gehalt von Kohlenoxyd, das jedoch meist schon im Betrieb weiter verbrannt wird, um die noch vorhandenen Heizkräfte zum Vorwärmen der in den Hochofen eintretenden Luft auszunützen. Es ist dann vorwiegend noch der Staub, von dem das Gas gereinigt werden muß; mit einem wechselnden Gehalt (das ist für Versuche ein Übelstand, aber im Betrieb nicht anders möglich) von CO_2, durchschnittlich etwa 5%, wird nun das Abgas durch einen großen Ventilator in ein Rohrsystem gepreßt und in Glashäuser und über Freiland geleitet. An ersteren stehen 6 Häuser, die 3 größeren durch Querwand halbiert, von zusammen 1170 qm, im Freien fast 4 Hektar zur Verfügung; von letzteren konnte nur ein Teil für vergleichende Versuche in Betracht kommen, der aber leider den häufig und heftig wehenden Winden (von deren Wirkung war oben die Rede!) ganz besonders ausgesetzt ist. Wenn trotz der hier nicht näher zu schildernden Ungunst der Verhältnisse Erfolge *für* die CO_2-Zufuhr erzielt worden sind, und zwar auch im Freiland, so wiegen diese Erfolge um so schwerer. So hatte ich Anfang November 1919 eine Rübenernte 100 : 152, obwohl schon seit Anfang August die Begasung gestört war und im September durch Ausblasen des Hochofens ganz aufhörte. Weit besser ist selbstverständlich die Ausnützung unter Glas, selbst bei geöffneter Lüftung; so z. B. hatte ich in den ersten Wochen der Tomatenernte ein Verhältnis 100 : 376 (!), das später freilich infolge von Störungen in der Begasung u. a. zurückging.

Es ist nun sehr wohl möglich, nicht nur gleichartige Anlagen, sondern jede Stelle, wo C in größeren Mengen verbrennt, besonders auch Kalköfen, bei denen noch der Kalkstein als CO_2-Quelle in Frage kommt, in dieser Richtung auszunützen; auch die *Gärungskohlensäure* könnte dafür sehr wohl in Frage kommen. Auf welche Entfernung Landwirte und Gärtner Kohlensäure werden beziehen (und dabei auf ihre Kosten kommen) können, wie man jetzt Leuchtgas bezieht, das hängt natürlich sehr von örtlichen und zeitlichen Verhältnissen ab.

Für die CO_2-Frage im ganzen ist hier *wiederum* der Beweis erbracht, daß Mehrerträge zu erzielen sind, bei verhältnismäßig (im Großbetrieb) geringen Kosten. Damit wird aber erneut die Aufmerksamkeit auf die CO_2-Versorgung der Pflanzen auch aus anderen Quellen gelenkt, von denen allgemein doch immer wieder der *Humus* jeglicher Art in erster Reihe steht. Daß man auch die tierische Atmung als CO_2 liefernd mit Erfolg in Anspruch genommen hat, sei nur nebenbei erwähnt.

Wenn wir nun auch wissen, es sind mit CO_2-Zufuhr praktische Erfolge zu erzielen, so ist doch zunächst nur die *Hauptfrage* gelöst. Im einzelnen harren sowohl rein wissenschaftlich, wie gerade auch in *praktischer* Richtung noch sehr viele Fragen der Antwort (vgl. Angew. Bot. Bd. *I*, 1919, 142—144). Planvolle Versuchsanstellung könnte hier ungemein fördernd eingreifen; hoffentlich werden für diese recht bald die äußeren Vorbedingungen geschaffen, an denen es zurzeit noch fehlt.

[1]) Die z. B. *Ewert* a. a. O. *trotz* der eigenen negativen Ergebnisse vollauf anerkennt.

Der Einfluß des Windes im Luftverkehr.

Von E. Everling.

Mitteilung aus der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, Adlershof.

Wenn Luftfahrzeuge mit anderen Verkehrsmitteln erfolgreich in Wettbewerb treten wollen, müssen sie ihre notwendig größere Betriebsunsicherheit durch anderweitige Vorteile aufzuwiegen suchen, vor allem durch *Geschwindigkeit*. In einem Lande mit guten ununterbrochenen Eisenbahnlinien, die auf geradem Wege bis in das Herz der großen Städte führen, kommt nur ein sehr schneller Luftverkehr in Frage. Anders liegt die Sache in wenig erschlossenen Gegenden oder auch da, wo ein trennendes Meer die Eisenbahn mit dem Schiff zu vertauschen zwingt.

Auch die Forderung, einen *Flugplan* einigermaßen genau einzuhalten, sich also von Wetter und Wind möglichst unabhängig zu machen, läuft auf eine gewisse *Mindestgeschwindigkeit* hinaus. Deren Größe und der Einfluß des Windes überhaupt sollen, von bekannten Zusammenhängen aus, dargestellt werden.

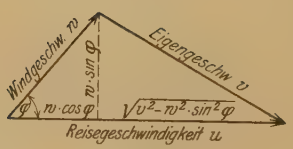


Fig. 1. *Winddreieck.* Zusammenhang zwischen Eigengeschwindigkeit v, Windgeschwindigkeit w und Reisegeschwindigkeit u.

Es wird dabei nicht beabsichtigt, praktische und vor allem wirtschaftliche Fragen, wie den Luftverkehr, in starre Formen und Formeln zu pressen. Die Betrachtungen sind vielmehr als Richtlinien für die Behandlung von Einzelfragen aufzufassen und bedürfen der Ergänzung durch die Erfahrung.

Einfluß des Windes auf die Reisegeschwindigkeit.

Ist die Eigengeschwindigkeit des Luftfahrzeuges v (m/s) oder V (km/h), die Windgeschwindigkeit w (m/s) oder W (km/h), und bildet die Windrichtung mit dem vorgeschriebenen Flugwege den Winkel φ, so wirkt eine Komponente des Windes, $W \cdot \cos\varphi$, in der Reiserichtung, die andere, $W \cdot \sin\varphi$, senkrecht dazu. Die *Reisegeschwindigkeit*, u (m/s) oder U (km/h), wird also nach Fig. 1

$$U = \sqrt{V^2 - W^2 \cdot \sin^2\varphi} + W \cdot \cos\varphi$$
$$= V\,(\sqrt{1 - k^2 \cdot \sin^2\varphi} + k \cdot \cos\varphi), \quad \ldots \quad (1$$

wo

$$k = \frac{w}{v} = \frac{W}{V} \quad \ldots \quad (2$$

eine kurze Bezeichnung für das „Windverhältnis" ist.

Der Größtwert ist für Rückwind ($\varphi = 0°$)

$$U_{max} = V + W, \quad \ldots \quad (1a$$

der kleinste Betrag für Gegenwind ($\varphi = 180°$)

$$U_{min} = V - W \quad \ldots \quad (1b$$

Die mittlere Reisegeschwindigkeit für Hin- und Rückflug zusammen bei gleichem Wind, also für zwei Windwinkel φ und $180° - \varphi$, ist

$$U_r = \sqrt{V^2 - W^2 \cdot \sin^2\varphi} = V\sqrt{1 - k^2 \cdot \sin^2\varphi}. \quad (1c$$

Größere Windwinkel als 180° brauchen nicht berücksichtigt zu werden, denn es ist für die Größe der Reisegeschwindigkeit gleichgültig, ob der Wind von rechts oder von links zur Reisestrecke kommt.

Der *Mittelwert* U_m der Reisegeschwindigkeiten U für eine bestimmte Windstärke und für alle möglichen Windwinkel φ ergibt sich danach aus dem Mittelwert

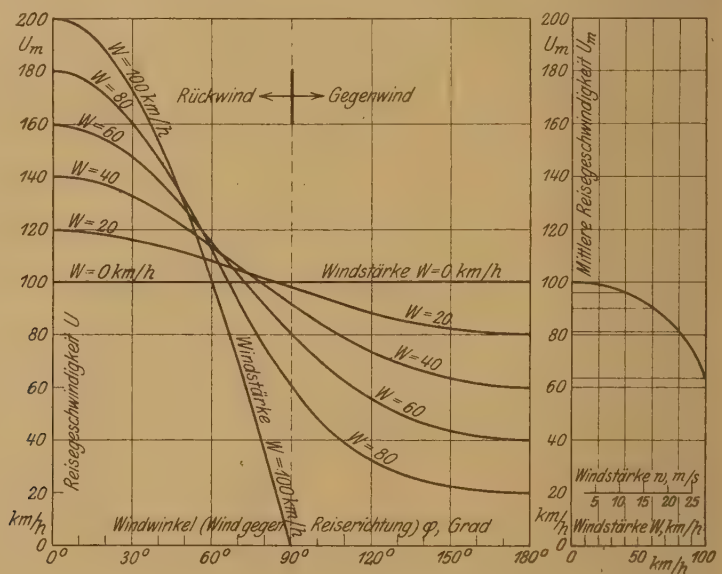


Fig. 2. *Einfluß des Windes auf die Reisegeschwindigkeit.* *Links:* Reisegeschwindigkeit U für verschiedene Windstärken W, bei der Eigengeschwindigkeit $V = 100$ km/h, abhängig vom Windwinkel φ.
Rechts: Mittelwert U_m der Reisegeschwindigkeit für alle Windrichtungen, abhängig von der Windstärke, bei der Eigengeschwindigkeit $V = 100$ km/h.

der Wurzeln U_r zwischen den Winkeln $\varphi = 0°$ und $\varphi = 90°$. Fig. 2 zeigte in der einzelnen Kurve rechts diese mittlere Reisegeschwindigkeit abhängig von der Windstärke W. Die linken Kurven stellen für je eine Windstärke W die Schwankung der Eigengeschwindigkeit U bei verschiedenen Windwinkeln nach Gl. (1) dar. Als Eigengeschwindigkeit ist dabei der für die Umrechnung bequeme Wert $V = 100$ km/h zugrundegelegt[1]). Will man etwa mit einem Flugzeug von

[1]) Die Ordinatenwerte U, km/h, bedeuten also gleichzeitig auch das Verhältnis $\frac{U}{V}$, Reisegeschwindigkeit zu Eigengeschwindigkeit, in Prozent; ebenso sind die an die Kurven angeschriebenen Windstärken W, km/h, gleichzeitig die Windverhältnisse k nach Gl. (2), ebenfalls in Prozent.

$V = 160$ km/h rechnen, so hat man die Windstärken wie die Reisegeschwindigkeiten der Fig. 2 mit 1,6 zu vervielfachen.

Das gleiche gilt für Zahlentafel 1, in der die größte, kleinste und durchschnittliche Verschlechterung einer Eigengeschwindigkeit von 100 km/h durch Winde bestimmter Stärke, aber verschiedener Richtung zusammengestellt ist.

Aus Fig. 2 und Zahlentafel 1 folgt, daß bei einer Windstärke von einem Drittel der Eigengeschwindigkeit die Reisegeschwindigkeit sich im Mittel um weniger als 3 Prozent, bei einer Windstärke gleich der Eigenschnelle aber um 36 Prozent verschlechtert.

Dieses Ergebnis kann z. B. dazu dienen, aus dem Betriebstoffvorrat die Flugzeit und aus dieser mittels der durchschnittlichen Reisegeschwindigkeit die im *Mittel erreichbare Flugweite* zu bestimmen. Damit rechnet man aber zu ungünstig, wenn man für den Wind die größte zulässige Stärke einsetzt, bei der noch geflogen werden kann.

Der Wind bläst ja nicht immer gleich stark, seine verschiedenen Geschwindigkeiten haben vielmehr eine gewisse Häufigkeit[2]), siehe Zahlentafel 2.

Trägt man die Zahlen auf, oder bequemer ihre Summen nach Zahlentafel 3, und vervollständigt sie schätzungsweise über die Windstärke 15 m/s hinaus (Fig. 3), so folgt z. B. für die Höhe 4 km, daß man nur in 45 Prozent der gesamten Zeit Winde unter 15 m/s trifft, daß also die Wahrscheinlichkeit der Stürme über 15 m/s 55 Prozent beträgt; in 2 km Höhe sind Winde über und unter 10 m/s gleich häufig, am Boden fast zwei Drittel aller Winde schwächer als 5 m/s usw.

Will man die zeitliche Windverteilung bei Be-

Zahlentafel 1.

Größte, kleinste und mittlere Reisegeschwindigkeit bei Wind gleichbleibender Stärke aus verschiedenen Richtungen, für 100 km/h Eigengeschwindigkeit.

Windstärke W		km/h	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Windstärke w		m/s	0	3	6	8	11	14	17	19	22	25	28
Reisegeschwindigkeit	Größte U_{max}	km/h	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
	Kleinste U_{min}	km/h	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
	Mittlere U_m	km/h	100,0	99,8	99,0	98	96	93	90	86	81	75	64

Zahlentafel 2.

Jahresmittel der Windstärkenhäufigkeit in verschiedenen Höhen[3]).

Windstärke w m/s	Windhäufigkeit für die Höhe in km								
	0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Windstille	5,5 %	2,9 %	2,0 %	3,3 %	3,7 %	3,8 %	4,3 %	3,6 %	3,2 %
0— 2	15,9	8,8	9,0	9,3	8,1	7,5	6,1	6,0	4,8
2— 5	44,2	19,4	18,3	16,8	12,1	9,4	8,3	7,2	4,8
5—10	31,6	37,0	33,6	28,4	26,5	20,4	18,0	14,1	11,0
10—15	2,6	18,7	22,5	27,4	32,0	34,3	30,9	26,8	21,2
> 15	0,2	13,2	14,6	14,8	17,6	24,6	32,4	42,3	55,0

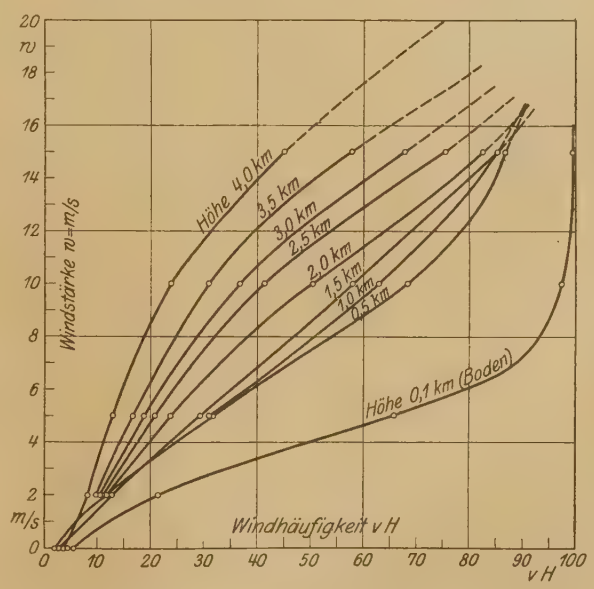


Fig. 3. *Häufigkeit der Windstärken für verschiedene Höhen.* Die Kreise entsprechen Angaben von *Aßmann.* Beispiel: In 2 km Höhe ist der Wind in der Hälfte der Fälle schwächer als 10 m/s, in 24 % der Zeit geringer als 5 m/s. Die Neigung der Kurve an einer Stelle gibt den zeitlichen Anteil des betreffenden Windstärkenbereiches.

[2]) Vgl. *A. Betz,* Zeitschr. f. Flugtechnik u. Motorluftschiffahrt 1913, S. 79 und 109. Dort ist (im Rahmen von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen) die Berechnung der mittleren *Reisezeit* für Wind bestimmter Stärke und beliebiger Richtung, sodann für natürliche Stärkeverteilung auf Grund einer Häufigkeitskurve für „Höhenstationen" zwischen 0,6 und 1,6 km Meereshöhe zeichnerisch, also für Einzelwerte der Eigengeschwindigkeit, durchgeführt. Hier ist dasselbe ermittelt, a) auch für die mittlere *Reisegeschwindigkeit,* b) für die Windhäufigkeit *verschiedener,* aber bestimmter Höhenstufen, c) *rechnerisch,* also für beliebige Eigengeschwindigkeit.

[3]) Zahlentafel 2 ist aus *R. Aßmann,* die Winde in Deutschland, Braunschweig 1910, S. 37 bis 41, entnommen. Vgl. *J. von Hann,* Lehrbuch der Meteorologie, 3. Aufl. von *R. Süring,* Leipzig 1915, S. 396. Die Werte für 0,1 km beziehen sich auf Reinickendorf und Lindenberg, 40 bzw. 122 m Meereshöhe. Die Genauigkeit dieser Zahlen genügt für den vorliegenden Zweck, rechtfertigt aber anderseits das Einführen der Näherungskurven.

rechnung der mittleren Reisegeschwindigkeit berücksichtigen, so hat man nicht nur über alle Werte des Windwinkels, sondern außerdem über die verschiedenen Windstärken das Mittel zu bilden, bis zu dem Größtwert W_m, bei dem man noch fliegen will.

Dazu wurden die Kurven der Fig. 3 durch *Näherungskurven* ersetzt, vgl. den Kopf der Zahlentafel 3, wobei es hauptsächlich auf die Windstärken zwischen 10 und 15 m/s ankommt. Die Übereinstimmung der von *Aßmann* angegebenen und der aus den Näherungskurven berechneten Häufigkeitswerte ist so gut, daß die Näherungskurven noch über 15 m/s hinaus als richtig angenommen werden dürfen, etwa bis zur Häufigkeit 80 Prozent.

drei Höhenlagen entspricht danach dem eines gleichbleibenden Windes von nur rund 0,5 bzw. 0,6 bzw. 0,7 der Eigengeschwindigkeit.

Ein Beispiel: Mit einem Flugzeug von $V = 150$ km/h ergibt sich in 3 km Flughöhe nach Zahlentafel 3 eine größte Windstärke auf der Näherungskurve von $W_m = 18{,}9$ m/s oder $W_m = 68{,}0$ km/h, also bezogen auf ein Flugzeug von $V = 100$ km/h, $W_m = 45{,}4$ km/h oder ein Windverhältnis $k_m = 45{,}4$ Prozent; also nach Zahlentafel 4 für 3 km Höhe $U^* = 97$ km/h, und wieder auf $V = 150$ km/h bezogen: *Ergebnis:* $U^* = 146$ km/h.

Eine *Anwendung* dieser mittleren Reisegeschwindigkeit ergibt sich bei der Frage:

Zahlentafel 3.

Vergleich der beobachteten und der aus der Näherungskurve errechneten Häufigkeit (Prozent) der Winde bis zu einer gewissen Stärke w (m/s), nebst größter Windstärke für die Näherungskurve (in Klammern).

Windstärke w	Parabel mit senkrechter Achse (vgl. Fig. 3)						Gerade				Parabel mit wagerechter Achse (vgl Fig. 3)							
	Höhe 0,1 km		Höhe 0,5 km		Höhe 1,0 km		Höhe 1,5 km		Höhe 2,0 km		Höhe 2,5 km		Höhe 3,0 km		Höhe 3,5 km		Höhe 4,0 km	
m/s	beob.	ber.	beob.	ber.	beob.	ber.	beob.	ber.	beob.	ber.	beob.	ber.	beob.	ber.	beob.	ber.	beob.	ber.
Stille	5,5	—12	2,9	—15	2,0	—36	3,3	2	3,7	—12	3,8	13	4,3	13	3,6	10	3,2	7
0— 2	21,4	37	11,7	22	11,0	8	12,6	13	11,8	0	11,3	14	10,4	14	9,6	11	8,0	8
0— 5	65,6	65	31,1	44	29,3	34	29,4	30	23,9	19	20,7	20	18,7	19	16,8	15	12,8	11
0—10	97,2	97	68,1	68	62,9	63	57,8	58	50,4	50	41,1	41	36,7	37	30,9	31	23,8	24
0—15	99,8	122	86,8	87	85,4	85	85,2	85	82,4	82	75,4	75	67,6	68	57,7	58	45,0	45
Alle	100,0	(10,5)	100,0	(19,1)	100,0	(18,9)	100,0	(17,7)	100,0	(17,8)	100,0	(17,7)	100,0	(18,9)	100,0	(20,6)	100,0	(23,4)

Anwendung auf die mittlere Reisegeschwindigkeit.

Die mittlere Reisegeschwindigkeit U^* bei verschiedener Windstärke und gleichzeitiger Berücksichtigung der Häufigkeit der einzelnen Windstärken ergibt sich nun als Mittelwert des früher berechneten Durchschnittes U_m für alle Windstärken zwischen einer beliebig gewählten w_m und der Windstille. Dieser Mittelwert hängt noch von der Höhenlage (weil von der Art der Näherungskurve) ab.

Das Ergebnis zeigt Zahlentafel 4, außerdem nochmals den Wert U_m der mittleren Reisegeschwindigkeit für gleichbleibende Windstärken nach Zahlentafel 1. In Fig. 4 sind die Zahlen in vier Kurven zum Vergleich zusammengestellt. Der Einfluß einer größten Windstärke gleich der Eigengeschwindigkeit für die

Wie weit kann man mit einem bestimmten Betriebsstoffvorrat, der durch die Behältergröße einerseits, durch Tragfähigkeitsverhältnisse anderseits begrenzt ist, unter verschiedenen Windverhältnissen im Mittel fliegen?

Einfluß des Windes auf die Reisezeit.

Für die meisten praktischen Zwecke kommt aber statt dessen die *mittlere Reisezeit* in Frage, die man bei verschiedenen Windstärken und Windrichtungen im Durchschnitt braucht, um eine bestimmte Strecke zurückzulegen. Diese Zeit hätte man etwa bei der Berechnung des Brennstoffverbrauches[5]) und der von der Flugdauer abhängigen *Betriebskosten* für eine bestimmte Flugstrecke oder zur Aufstellung eines *Flugplanes* zugrunde zu legen, solange wenigstens, bis Erfahrungswerte für die betreffenden Strecken vorliegen.

Zahlentafel 4.

*Mittlere Reisegeschwindigkeit U** (km/h) *für die größte Windhäufigkeit* W_m (km/h) *und* w_m (m/s) *in verschiedenen Höhen,* für ein Flugzeug mit 100 km/h Eigengeschwindigkeit[4]).

Höhenlage	Höhenbereich km	Mittlere Reisegeschwindigkeit U^* bzw. U_m für die größte Windstärke										
		$W = 0$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100 km/h
		$w = 0$	3	6	8	11	14	17	19	22	25	28 m/s
Gering	1,0 u. darunter	100	100	100	100	99	99	98	97	97	96	94 km/h
Mittel	—	100	100	100	99	99	98	97	96	94	93	91 km/h
Größer	2,5 und mehr	100	100	99	99	98	97	95	93	91	89	86 km/h
Gleichbleibender Wind		100	100	99	98	96	93	90	86	81	75	64 km/h

[4]) Die Angaben für die Windstärke W (km/h) bei einer Eigengeschwindigkeit $V = 100$ km/h sind lediglich als Rechnungswerte oder als Windverhältnis k_m (Prozent) nach Anm. 2 aufzufassen, da die Näherungskurven nach Zahlentafel 3 nur bis rund 20 m/s Windstärke gelten.

[5]) Nicht des Brennstoffvorrates für jeden Flug. Der muß den ungünstigsten Verhältnissen bei Gegenwind entsprechen.

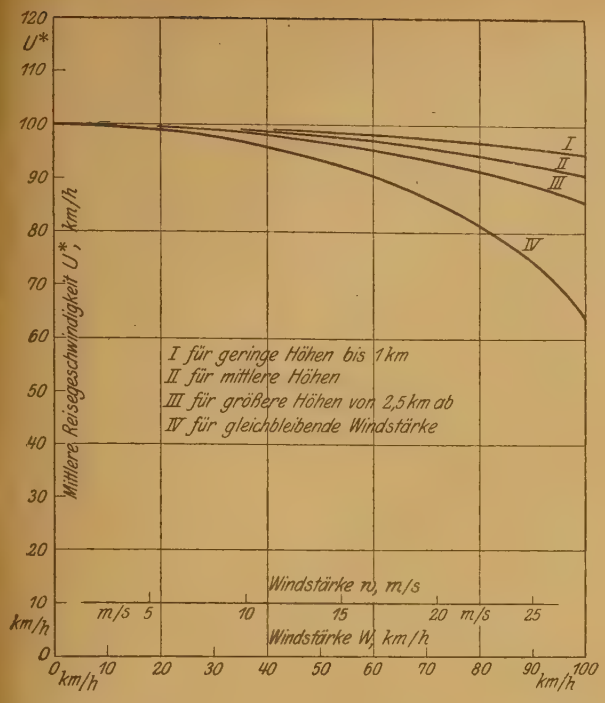


Fig. 4. *Mittlere* Reisegeschwindigkeit U^*, für verschiedene Höhenlagen (verschiedene Gesetze der Windhäufigkeit), abhängig von der Windstärke, bei der Eigengeschwindigkeit $V = 100$ km/h.

$$t_r = \frac{t_o}{1-k^2}\sqrt{1-k^2\cdot\sin^2\varphi}, \quad \ldots\ldots \quad (6c$$

also am ungünstigsten, wenn der Wind gerade von vorn und von hinten kommt ($\varphi = 0°$ und $180°$),

$$t_{r\,max} = \frac{t_o}{1-k^2} \approx t_o\,(1+k^2) \quad \ldots\ldots \quad (6d$$

und am günstigsten für reinen Seitenwind bei Hin- und Rückflug ($\varphi = 90°$),

$$t_{r\,min} = \frac{t_o}{\sqrt{1-k^2}} \approx t_o\,(1+\frac{1}{2}k^2) \quad \ldots\ldots \quad (6e$$

(Die übersichtlichen Näherungswerte gelten für kleine k.)

Die *mittlere Reisezeit* t_m für alle Windrichtungen, aber zunächst wieder für gleichbleibende Windstärken, also die Zeit, die man bei bestimmtem Wind zum Durchfliegen eines (gegen den Erdboden festen) Kreises vom Umfange s km braucht, läßt sich aus Gleichung (6) berechnen. Fig. 5 zeigt in der Mitte die Reisezeit für verschiedene Windstärken W (km/h) bzw. Windverhältnisse k (Prozent) bei allen möglichen Richtungswinkeln φ, links die mittlere Zeit t_r (h) für Hin- und Rückflug zusammen, zum besseren Vergleich in halben Werten, und rechts die mittlere Reisezeit abhängig von der Windstärke. Die Flugzeit t_o bei Windstille ist dabei zwecks bequemer Rechnung zu 100 Stunden angenommen[6]), die Reisezeit s also mit 10 000 km, da wieder eine Eigengeschwindigkeit $V = 100$ km/h zugrundegelegt wird. Vgl. auch Zahlentafel 5.

Zahlentafel 5.

Größte, kleinste und mittlere Reisezeiten t_m (h) *für verschiedene Windstärken* W (km/h) *und* w (m/s).

Eigengeschwindigkeit $V = 100$ km/h; Flugstrecke $s = 10\,000$ km; Flugzeit bei Windstille $t_o = 100$ h.

Windstärke W	km/h	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Windstärke w	m/s	0	3	6	8	11	14	17	19	22	25	28
Größte Reisezeit t_{max}	h	100	111,1	125	143	167	200	250	333	500	1000	∞
Kleinste Reisezeit t_{min}	h	100	90,9	83	77	71	67	62	59	56	53	50
Mittlere Reisezeit t_m	h	100	100,8	103	107	114	125	141	169	226	393	∞

Für einen bestimmten Winkel φ zwischen Reiserichtung und Windrichtung ist die Flugzeit t (h) für eine bestimmte Flugstrecke s (km) nach Gleichung (1):

$$t = \frac{s}{U} = \frac{s}{V}\cdot\frac{1}{\sqrt{1-k^2\cdot\sin^2\varphi}+k\cdot\cos\varphi}$$

$$= \frac{t_o}{1-k^2}\left(\sqrt{1-k^2\cdot\sin^2\varphi}-k\cdot\cos\varphi\right), \quad (6$$

wobei zur Abkürzung die Flugzeit bei Windstille

$$t_o = \frac{s}{V} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7$$

eingeführt ist.

Die Flugzeiten schwanken zwischen dem Bestwert für Rückwind ($\varphi = 0°$)

$$t_{min} = \frac{t_o}{1+k} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6a$$

und dem Größtwert für Gegenwind ($\varphi = 180°$)

$$t_{max} = \frac{t_o}{1-k} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6b$$

Die mittlere Reisezeit für Hin- und Rückflug zusammen, also für die Winkel φ und $180° - \varphi$, ist

Die mittlere Reisezeit erhöht sich also durch den Wind im Mittel um 1, 3, 7, 14, 25 usw. Prozent, die Reisegeschwindigkeit dagegen vermindert sich nach Zahlentafel 1 entsprechend nur um $^1/_3$, 1, 2, 4, 7 usw. Prozent.

Um auch hier die *Windhäufigkeit* zu berücksichtigen, wie es oben für die mittlere Reisegeschwindigkeit geschah, ist der Durchschnittswert von t_m für die Windverteilung nach den Näherungskurven für die drei Höhenstufen bis 1 km, von 1 bis 2,5 km und über 2,5 km zu bilden.

Das Ergebnis der Berechnung zeigt Zahlentafel 6, auf ganze Prozent abgerundet, und Fig. 6. Die mittlere Reisezeit t_m für gleichbleibenden Wind aus verschiedenen Richtungen ist hinzugefügt. Hier entspricht der Einfluß eines Windes bis zur Stärke von $^9/_{10}$ der Eigengeschwindigkeit ($k = 0{,}9$) bei den drei Häufigkeitsgesetzen der Wirkung eines gleichbleibenden Windes von rund $k = 0{,}5$ bzw. 0,6 bzw. 0,7.

Daraus läßt sich für jede Windstärke und Eigengeschwindigkeit die durchschnittliche Verlängerung der

[6]) Oder die Zeiten sind in Prozent der Flugzeit bei Windstille t_o ausgedrückt.

Zahlentafel 6.

Mittlere Reisezeit t (h) für die Windhäufigkeitsverteilung in verschiedenen Höhen.

Eigengeschwindigkeit $V = 100$ km/h; Flugstrecke $s = 10\,000$ km; Flugzeit bei Windstille $t_o = 100$ h.

Höhenlage	Höhenbereich km	Mittlere Reisezeit t^* bzw. t_m für die größte Windstärke											
		$W=0$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	km/h
		$w=0$	3	6	8	11	14	17	19	22	25	28	m/s
Gering	1,0 u. darunter	100	100	101	102	103	104	107	110	116	125	∞	h
Mittel	—	100	100	101	102	104	107	111	117	127	145	∞	h
Größer	2,5 und mehr	100	100	102	104	107	111	118	127	143	174	∞	h
Gleichbleibender Wind		100	101	103	107	114	125	141	169	226	393	∞	h

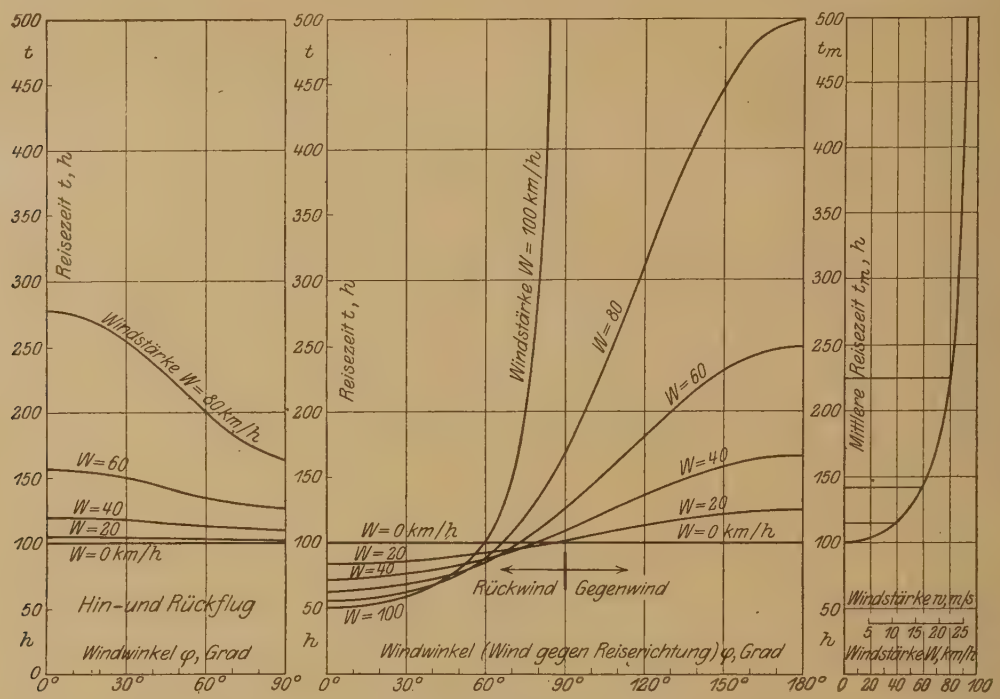


Fig. 5. *Einfluß des Windes auf die Reisezeit.*
In der Mitte: Reisezeit t für verschiedene Windstärken W, bei der Eigengeschwindigkeit $V = 100$ km/h und für eine Flugdauer bei Windstille $t_o = 100$ h.
Links: Durchschnittswert der Reisezeit für Hin- und Rückflug gemeinsam.
Rechts: Mittelwert t_m der Reisezeit für alle Windrichtungen, abhängig von der Windstärke, bei der Eigengeschwindigkeit $V = 100$ km/h und für eine Flugdauer bei Windstille $t_o = 100$ h.

Reisedauer entnehmen. Die bei Windstille notwendigen Betriebstoffvorräte und voraussichtlichen Reisekosten sind, ebenso wie die im Flugplan anzusetzende Zeit, im gleichen Verhältnis zu vermehren, also z. B. für gleichbleibenden Wind von 15 m/s Stärke und für 135 km/h Eigengeschwindigkeit (Windverhältnis $k = 0{,}4$) um 14 %, für die natürliche Häufigkeitsverteilung und eine Windstärke von höchstens 15 m/s je nach der Höhe um 7 bzw. 4 bzw. 3 %, um den durchschnittlichen Einfluß des Windes bei beliebiger Richtung zum Kurs zu erhalten.

Erfahrungswerte.

Nach dankenswerten Mitteilungen einiger Luftverkehrsunternehmen, vor allem nach den Veröffentlichungen der Deutschen Luftreederei, hat sich bei den bisherigen Flügen nach den verschiedensten Richtungen hin eine mittlere Reisezeit ergeben, die einer Fluggeschwindigkeit von 120 km/h entspricht. Da die Eigengeschwindigkeit der Flugzeuge zu 140 km/h angegeben wird, beträgt also die Zeit, bezogen auf eine Flugstrecke von 10 000 km, 83 h, anstatt der bei Windstille möglichen 70 h, das ist eine Zunahme um 17 %, während sich nach Zahlentafel 7 für Flughöhen von rund 1 km und Größtwindstärken von 20 m/s oder 72 km/h eine Vermehrung der Flugzeit von nur 8 % ergibt.

Der Unterschied könnte darin seinen Grund haben, daß die Eigengeschwindigkeit falsch angegeben ist; das ist aber unwahrscheinlich, da erst bei rund $V = 130$ km/h der Windeinfluß mit 9 % der Flugzeitvergrößerung gleich käme, und da ferner Geschwindigkeitsmessungen an gleichartigen Flugzeugen noch höhere Werte als 140 km/h ergeben haben.

Es folgt also, daß die Zeitverluste durch Abfliegen, Landen, Steigen, Umwege usw. etwa 9 %

der Flugzeit ausmachen, also den Einfluß des Windes übertreffen. Dazu kommt noch, daß im Frühjahr und Sommer, auf die sich die bisherigen[7]) Erfahrungen beziehen, die Windstärken etwas geringer sind als für den Jahresdurchschnitt.

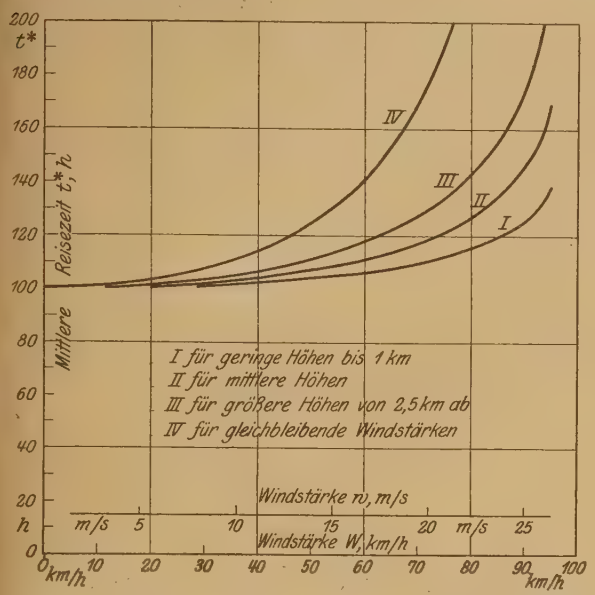


Fig. 6. Mittlere Reisezeit t für verschiedene Höhenlagen, abhängig von der Windstärke W, bei der Eigengeschwindigkeit $V = 100$ km/h.

Doch ist der Windeinfluß auf Flugzeiten, Flugweite und Flugkosten nicht nur in ungünstigen Fällen, sondern auch im Durchschnitt groß genug, um einer eingehenden Betrachtung und näherungsweiser Beachtung wert zu sein.

Besprechungen.

Sommerfeld, Arnold, Atombau und Spektrallinien. Braunschweig, Friedr. Vieweg, 1919. X, 550 S. und 103 Abbild. Preis geh. M. 25,—, geb. M. 28,60.

Im Vorworte zu seinem Buche „Atombau und Spektrallinien" gibt *Sommerfeld* an, daß der Plan hierzu aus einer allgemeinen Vorlesung über Atommodelle entstand. Mit der Ausführung hätte der Verfasser seinem wissenschaftlichen „Gewissen" nach, noch gern gewartet, um viele in der Entwicklung befindliche Probleme erst etwas weiter ausreifen zu lassen. Erst der vielfach ausgesprochene Wunsch von Physikern, Chemikern, Biologen und Technikern gab die Veranlassung nicht weiter zu zögern und das Buch in einer Form zu schreiben, die auch dem Nichtfachmanne es ermöglicht, „in die neue Welt des Atominnern" einen Blick zu tun. Dieser Entschluß *Sommerfelds* ist auf das freudigste zu begrüßen, denn das Resultat ist ein Buch von einer derartig impulsiven Kraft, daß jeder Leser, der naturwissenschaftlich interessiert ist, sich mitgerissen fühlen muß und dem Autor willig folgt in die neue Welt, deren Erschließung wir zu einem großen Teil seiner wissenschaftlichen Intuition und der seiner Schüler verdanken.

Somit muß die Lektüre des Buches jedem Naturwissenschaftler, unabhängig von seinem engeren Arbeitsgebiet, aufs wärmste empfohlen werden. Wenn auch viele dem Führer nicht bis auf die höchsten Gipfel folgen werden, so bleiben doch noch genug mühelos zu ereichende Aussichtspunkte, von denen aus der Blick sich wohl lohnt. Besonders die ersten vier Kapitel, welche mehr als die Hälfte des Buches ausmachen, dürften eine allgemeinere Verständlichkeit für sich beanspruchen. Ihre Lektüre wird vor allem auch dem Chemiker von großem Nutzen sein. Einmal zeigt sie ihm die Richtung des Weges, der in die Zukunftsprobleme der Chemie hineinführt: aus den Gesetzmäßigkeiten des atomistischen Baues die Reaktionen der Atome untereinander zu verstehen; andererseits zeigt sie, wie lang der Weg noch ist und daß es sinnlos ist, auf dem lockeren Grunde von allgemeinen, nicht ausgereiften Vorstellungen schon jetzt das Gebäude der Struktur komplizierter Verbindungen mit allen Einzelheiten errichten zu wollen.

Das größte Interesse hat jedoch das Buch in allen seinen Teilen für den Physiker. Gewiß wird er am ehesten die Bedenken des Autors, hier und da theoretisches oder experimentelles Material zu verwenden, das vielleicht bei weiterer Forschung sich als nicht tragfähig herausstellt, zu würdigen wissen. Aber ich glaube, man sollte dem Verfasser gerade dafür besonders dankbar sein, daß er den Mut hat, auch diese Dinge zu bringen. Gefährlich ist die Behandlung solcher Dinge in einem Lehrbuch offenbar doch nur dann, wenn sie in einer Form geschieht, die den Eindruck der absoluten Sicherheit bei dem Leser erweckt. Ganz anders geht jedoch *Sommerfeld* vor; so bringt er, um nur ein Beispiel zu nennen, die Molekülmodelle des Wasserstoffs, Stickstoffs, betont jedoch im Text und in den Anmerkungen geflissentlich alle die Schwierigkeiten, welche ihrer Annahme entgegenstehen, mit der ausgesprochenen Absicht „dem Leser den Eindruck der Zuverlässigkeit unserer Molekularmodelle zu benehmen". Bei einem solchen Vorgehen gewinnt er die Möglichkeit, bis zu den äußersten Vorposten der Atomforschung vorzudringen und dem Leser eine so genaue Übersicht über das Arbeitsgebiet zu verschaffen, daß jeder, der Lust und Fähigkeit in sich spürt, an diesem „stolzen Bau" mitzuarbeiten, sofort aufmerksam wird, an welchen Stellen Arbeiter am dringendsten gebraucht werden.

Die außerordentliche Anregung, welche die Lektüre des Buches auf diese Weise bietet, beruht nicht nur darin, daß man in dieser ausgezeichneten und bis in die neueste Zeit fortgeführten Zusammenstellung alle wesentlichen experimentellen und theoretischen Forschungen der Atomtheorie besprochen findet, sondern vor allem in den leitenden Gedanken, mit denen der Verfasser das Gebiet zu einem organischen Ganzen zusammengeschweißt hat.

Nachdem Kapitel I unter „vorbereitende Tatsachen" durch Besprechung des Atomismus der Elektrizität, der korpuskularen und Wellenstrahlungen der Radioaktivität und der Gasentladung eine Kenntnis des einen Bausteines des Atoms, „des Elektrons", vermittelt hat, führt Kapitel II mit der Benennung „Das natürliche System der Elemente" zum zweiten Baustein, dem positiven Kern, zum Rutherfordschen Atom und der Kernladungszahl. Hieran schließen sich organisch Beispiele der einfachsten Atommodelle an sowie Aussagen über die Erscheinungsgruppen, die mit den peripheren resp. zentralen Elektronen des Planetensystems „Atom" verknüpft sind. Kapitel III führt uns in die durch die Lauesche Entdeckung erschlossene Röntgen-Spektrographie ein (zentrale Eigenschaften des

[7]) Der Aufsatz wurde im Sommer 1919 verfaßt.

Atoms). Dieses Kapitel kann mit seinen ausführlichen Tabellen und Abbildungen als Monographie der Röntgenoptik betrachtet werden. Kapitel IV heißt „Die optischen Serienspektren". Hier wird die Quantentheorie eingeführt und die Bohrsche Atomtheorie besprochen, ferner die wasserstoffunähnlichen Spektren sowie die Anregungsgrenzen, die Ionisierungs- und Dissoziationsspannungen. Kapitel V bringt den Höhepunkt unserer Kenntnis des Atombaues, nämlich die Sommerfeldsche Theorie der Feinstruktur. Im Kapitel VI, das den Auswahlprinzipien sowie der atomtheoretischen Deutung des Zeeman- und Starkeffekts gewidmet ist, wird der Versuch gemacht, „eine Brücke zu schlagen von der alten Welt der Wellen zu der neuen Welt der Quanten". Dieses Kapitel ist von einem ganz besonderen Reiz, da es einen Zugang eröffnet zu dem schwierigsten und sprödesten Problem der modernen Physik. Neben dem prinzipiellen theoretischen Interesse, das die Begründung der Auswahlprinzipien bietet, scheint ihre Anwendung auf die Fragen der Physik und Chemie manches tiefe Geheimnis lüften zu können. Deshalb sei auf dieses Kapitel besonders hingewiesen. Den Schluß des Buches bilden mathematische Zusätze und Ergänzungen. Was die ersteren betrifft, so sind sie besonders geeignet, dem Experimentator ein Führer durch das manchmal recht dornige Dickicht der Mathematik zu sein, die in den neueren theoretischen Arbeiten über das Atom verwandt wird. Die Ergänzungen sind, wie ihr Name sagt, weitere Ausführungen der in dem Buche besprochenen Fragen; sie sind besonders behandelt, teils weil sie für den Zweck des Buches zu schwer schienen, teils weil neuere Arbeiten berücksichtigt wurden, die erst nach Abschluß des Buches erschienen sind. Für den Physiker sind sie daher von ganz besonderem aktuellen Interesse.

Bei der Aktualität des Stoffes und der Qualität des Buches ist mit Sicherheit darauf zu rechnen, daß der ersten Auflage sehr bald neue folgen werden. Wenn in diesen der zu bearbeitende Stoff wesentlich angewachsen sein wird und der Bau der Atomphysik ein noch stolzeres und imposanteres Ansehen bekommt, so wird ein großer Teil der Anregung zu danken sein, die von diesem Buche ausgeht. *J. Franck, Berlin.*

Ostwald, Wilhelm, Grundlinien der anorganischen Chemie. Vierte umgearbeitete Auflage. Dresden und Leipzig, Theodor Steinkopf, 1919. XXII, 860 S. Preis geh. M. 30,80; geb. M. 36,60.

Die erste Auflage der Grundlinien erschien im Jahre 1900. Sie erweckte damals begeisterte Zustimmung und leidenschaftlichen Widerspruch. Widerspruch hauptsächlich deswegen, weil damals die von *Guldberg* und *Waage, von Gibbs* und *von Arrhenius* und *van't Hoff* geschaffenen neuen Grundlagen noch vielfach als etwas der Chemie Fremdes empfunden wurden und man ihrer allgemeinen Einführung und Verbreitung im Lehrgebäude der Chemie, wie sie *Ostwald* unter Einsetzung des ganzen Gewichtes seiner Persönlichkeit erstrebte, mit wenig Teilnahme gegenüberstand. Dieser Widerspruch ist heute verstummt. Abgesehen von diesem Streben nach Verallgemeinerung, das den Unterricht, auch der Anfänger, von der früheren rein naturhistorischen Betrachtung auf eine höhere wissenschaftliche Stufe hob, brachten *Ostwalds* Grundlinien auch noch eine methodische Neuerung. In seinem Vorbericht zur ersten Auflage hat der Verfasser die Grundsätze entwickelt, die ihn bei der Abfassung seines Lehrbuches geleitet haben. Allgemeiner noch hat er sie auseinandergesetzt im Kapitel „Chemische Lehrbücher", das einen Abschnitt seiner in so vieler Beziehung anregenden Sammlung bildet, die er „Die Forderung des Tages" genannt hat. Um es kurz zu sagen, so besteht die grundlegende Änderung, die *Ostwalds* Lehrbuch gegenüber älteren Werken dieser Gattung aufweist, in der streng induktiven Methode. Während die Anordnung des Stoffes sich früher meist in 1. Theoretische Einleitung, d. h. Gesetze und Hypothesen und 2. Beschreibung der Elemente und ihrer Verbindungen gliederte, wobei naturgemäß im ersten Teile bereits die Bekanntschaft von mancherlei chemischen Einzelheiten vorausgesetzt werden mußte, leitete *Ostwald* die allgemeinen Gesetze an geeigneter Stelle aus den vorgetragenen Tatsachen ab und schuf so eine sich harmonisch und stetig steigernde Linie der Darstellung, immer sorgfältig darauf bedacht niemals vorzugreifen, sondern stets nur an bereits Vorgetragenes anzuknüpfen. Über die unbedingte Zweckmäßigkeit einer *absolut strengen* Durchführung dieses Prinzips, läßt sich, glaube ich, streiten. Ausnahmen wären vielleicht im Interesse einer größeren Konzentration der Darstellung wünschenswert und die rigorose Forderung „niemals vorzugreifen" entspringt, wie mir scheint, bei *Ostwald* mehr einem künstlerischen Bedürfnis für Harmonie als zwingender Notwendigkeit, aber die virtuose Art, in der diese Methode in den „Grundlinien" durchgeführt ist, muß beim Leser höchste Bewunderung erwecken. Es ist also vor allem die unvergleichliche Kunst eines Meisters der Darstellung, die wir an diesem Werke rühmen. Mag man Einwendungen gegen diesen oder jenen Punkt machen, das Gesamtbild bleibt davon unberührt. Der gewichtigste Einwand ist vielleicht der, daß das mitgeteilte Tatsachenmaterial an manchen Stellen zum Teil nicht ausreichend erscheint, zum Teil allzu kurz behandelt ist. Ich möchte als Beispiel hierfür die Stickoxydsynthese und die Ammoniaksynthese auf Seite 365 und 379 erwähnen. Man wird die Behandlung dieser sowohl vom didaktischen als vom praktischen Standpunkte aus überaus wichtigen Vorgänge auch dann stiefmütterlich finden, wenn man berücksichtigt, daß das Buch nur eine Einführung in das Studium der Chemie ist, wie schon der Titel „Grundlinien" besagt.

Die vierte Auflage unterscheidet sich von der vorhergehenden im wesentlichen nur durch die Ausgestaltung des letzten Kapitels über die radioaktiven Elemente. Einige auffallende Schönheitsfehler, wie die veraltete Auffassung des Leuchtens der Glühstrümpfe auf S. 781, die Auslassung des so interessanten Wolframhexafluorids auf S. 787, die irrtümliche Angabe des spezifischen Gewichts des Wolframmetalls (17 statt 19), die Nichterwähnung seines Schmelzpunkts und das Fehlen der Namen von *Fajans* und *Moseley* bei Erwähnung der neuesten Reform des periodischen Systems sind der Aufmerksamkeit des Herrn Verfassers entgangen. Zu diesen Schönheitsfehlern gehört neben einer Reihe von Druckfehlern auch die Qualität des Papiers der neuen Auflage, ein Zeichen der Not unserer Zeit; möchte die nächste Auflage auch in dieser Beziehung im alten Glanze neuerstehen! *R. J. Meyer, Berlin.*

Stock, Alfred, Ultrastrukturchemie, ein leichtverständlicher Bericht. Berlin, Julius Springer, 1920. 81 S. und 17 Textabbildungen. Preis M. 6,—.

Dem Chemiker, der nicht die Muße hat, im dauernden Zusammenhange mit den Fortschritten der Wissenschaft zu bleiben, insbesondere dem technischen An-

gestellten, den ja die Sehnsucht nach wissenschaftlicher Erkenntnis nie ganz verläßt, wenn anders er sie überhaupt je empfunden hat, mag bei den neuesten Fortschritten der Physik und Chemie zumute sein, als stände er, seiner Ohnmacht bewußt, vor einem riesenhaften Gebirge, das undurchdringbar und unüberschreitbar ihm zwar die Ahnung wunderbarer Schönheiten, aber auch das Gefühl der Hoffnungslosigkeit erweckt. Und nun kommt der Verfasser des vorliegenden kleinen Buches, der das scheinbar unzugängliche Gebiet genau kennt, führt ihn auf sicheren Wegen, unter Vermeidung von allzu gefährlichen Stellen, denen der Wanderer mit Durchschnittsausrüstung nicht gewachsen ist, durch das geheimnisvolle Land und verschafft ihm so verhältnismäßig mühelos den Genuß, den das Eindringen in ein so erhabenes Naturgebiet jedem Empfänglichen gewähren muß. Hiermit ist das nicht zu unterschätzende Verdienst des Verfassers gekennzeichnet.

Es handelt sich um Vorträge, die er vor den Chemikern der Farbwerke vorm. Fr. Bayer & Co. in Leverkusen gehalten hat, also nicht vor Laien, sondern vor einem sachverständigen Zuhörerkreise. Dementsprechend haben wir es nicht mit einer im eigentlichen Sinne „populären" Darstellung zu tun, sondern mit einer durchaus wissenschaftlichen Auseinandersetzung, die durch eine wohldurchdachte Methode, durch eine geschickte Auswahl und Begrenzung des Stoffes und durch Fortlassung aller Mathematik „leichtverständlich" wird. Dazu kommt eine anregende und belebte Form des Vortrags, die den redegewandten Hochschullehrer verrät.

Beginnend mit einer kurzen, historischen Einleitung streift der Verfasser die klassischen Grundlagen der Atomtheorie, kommt dann sofort auf den fraglichen genetischen Zusammenhang der Elemente und dessen Vorahnung im periodischen System und schildert dann die neuere Entwicklung der Atomistik, indem er zunächst die verschiedenen Quellen und Methoden behandelt, von denen sie ausgegangen ist. Im Zusammenhange mit der Serienforschung in der optischen und der Röntgenspektralanalyse wird die Bedeutung der „Ordnungszahl" für die Reform des periodischen Systems und die Aufklärung der Kristallstrukturen behandelt. Es folgt nun ein Blick auf die Grundlagen der Elektronenlehre und die Quantentheorie, wobei es dem Verfasser gelingt, in aller Kürze doch einen lebendigen Begriff von dem Inhalt dieser schwierigen Materie zu vermitteln. Daran schließt sich eine Besprechung der radioaktiven Erscheinungen, die etwas ausführlicher gehalten ist und die naturgemäß in den neuen Erkenntnissen über die Isotopie und ihre Bedeutung für die Ausgestaltung des periodischen Systems gipfelt. Nachdem so das Rüstzeug für das Verständnis der modernen Atomlehre gewonnen ist, geht der Verfasser auf diese Grundfragen selbst näher ein. Wie außerordentlich schwierig die Aufgabe ist, diese ja noch im lebendigsten Flusse befindlichen Anschauungen einem nicht speziell vorbereiteten Kreise von Hörern oder Lesern wirklich nahe zu bringen, sie klar zu entwickeln und bis zu einem gewissen Grade sogar kritisch zu beleuchten, wird niemand verkennen. Wenn es trotzdem dem Verfasser gelungen ist, diese Aufgabe zu bewältigen und sich dabei immer auf rein wissenschaftlichem Boden zu bewegen, ohne der Verständlichkeit Eintrag zu tun, so liegt darin ein hohes Lob für seine Darstellungskunst. Hat man auch ab und zu das Gefühl, als sei des Guten etwas zu viel getan, so ist andererseits der Gesamteindruck ein so erfreulicher, daß man dem Verfasser gern das Recht zugesteht, in alle Ecken und Winkel wenigstens hineinzuleuchten. Besonders soll noch auf die Darstellung der Kosselschen Ideen am Schlusse des Berichts aufmerksam gemacht werden. Man wird aus ihr am besten erkennen, wie anregend und klar diese „Ultrastrukturchemie" geschrieben ist. *R. J. Meyer, Berlin.*

Werner, A., Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie. 4. Auflage („Die Wissenschaft", Bd. 8). Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1920. XX, 432 S. Preis geh. M. 14,—, geb. M. 18,— + Teuerungszuschlag.

Die Stellung dieses Werkes in der Entwicklungsgeschichte der Chemie ist unverrückbar begründet; es bildet einen der wuchtigsten Grundpfeiler, auf dem das Gebäude der modernen anorganischen Chemie sich erhebt. Die neue Auflage ist zum Grabdenkmale des genialen Verfassers geworden. Sie wurde vorbereitet, während er schon in schwerer Krankheit dahinsiechte, unter der Aufsicht eines seiner Mitarbeiter, seines akademischen Nachfolgers. *P. Karrer* wahrte mit Recht die Eigenart dieses ganz persönlichen Werkes, sah von allen Änderungen ab und erblickte seine Aufgabe nur darin, die seit dem Erscheinen der dritten Auflage (1913) veröffentlichten Abhandlungen über das zu berücksichtigende Arbeitsgebiet in kurzen Hinweisen einzufügen. *A. Rosenheim, Berlin.*

Chemiker-Kalender 1920. Ein Hilfsbuch für Chemiker, Physiker, Mineralogen, Industrielle, Pharmazeuten, Hüttenmänner usw. — Begründet von *R. Biedermann.* Neubearbeitet von *W. Roth.* 41. Jahrgang. Zwei Bände (470 und 415 S.). Berlin, Julius Springer, 1920. Preis (Bd. 1 geb., Bd. 2 ungeb.) M. 16,—.

Der von *R. Biedermann* begründete und 40 Jahre herausgegebene Chemiker-Kalender hat sich die Anerkennung weiter Kreise erworben, wie seine stetig steigende Verbreitung im In- und Auslande beweist. Mit dem 41., jetzt vorliegenden Jahrgang hat *W. A. Roth* die Herausgabe übernommen, und dieser Umstand läßt es berechtigt erscheinen, auf das wohlbekannte Hilfsbuch nochmals hinzuweisen.

Wer Herrn *W. A. Roth* als Redakteur der Landolt-Börnsteinschen Tabellen kennengelernt hat, wird erfahren haben, daß er mit Druckfehleraugen begabt ist und seine besondere Liebe allen Größen unter 10^{-3} zuwendet; diese Anlagen lassen ihn recht geeignet erscheinen bei der Bearbeitung eines Werkes, das in erster Linie Genauigkeit und Zuverlässigkeit verlangt.

Nach dem Kalendarium bringt der erste Band zunächst Atom- und Molargewichte sowie eine vortreffliche Abhandlung über die neuere Ausgestaltung des periodischen Systemes von *Fajans.* Es folgen dann 2 sehr umfangreiche Tabellen über Molargewichte, Kristallsystem, Dichte, Schmelz- und Siedepunkt sowie die Löslichkeit von etwa 4000 anorganischen und organischen Stoffen. Weitere ausgedehnte Tabellen geben Auskunft über die Dichten von Gasen, Flüssigkeiten und festen Stoffen sowie deren Lösungen und hieran schließen sich die Tabellen über die Löslichkeit zahlreicher Stoffe. Ein Abschnitt über die Analyse mit besonderer Berücksichtigung von Maß-, Gas- und Spektralanalyse sowie Elektrolyse schließt den ersten Band, der sich somit vorwiegend auf tabellarische Angaben beschränkt. Von etwas anderer Art ist der zweite Band; sein erster Teil: „Physik und physikalische Chemie" gibt Anweisungen zur Ausführung von Messungen, enthält aber auch die dazugehörigen theore-

tischen Erläuterungen und natürlich zahlreiche Tabellen. Von diesen seien hervorgehoben: die Angaben über Maß und Gewicht, die Reduktionswerte für Gasmessungen sowie die Tabellen über die Ausdehnung, die Schmelz- und Siedepunkte, die Dampfspannung und die spezifischen Wärmen. Von den behandelten Arbeitsmethoden werden die Bestimmungen von Molargewichten, spezifischen Wärmen, elektrischem Leitvermögen auf besonderes Interesse stoßen. Höchst beachtenswert ist der von *E. Ebler* verfaßte Abschnitt über die radioaktiven Stoffe, in dem die Meßverfahren ausführlich berücksichtigt sind; ihm schließen sich gleichwertig an die „Physiologische Chemie" von *P. Rona* und die „Untersuchung von Fetten, Wachsen und dergl. von *Lüdecke;* die beiden letzten gehören freilich nicht an die ihnen angewiesene Stelle. — Der zweite Teil des zweiten Bandes ist der Mineralogie gewidmet und umfaßt außer Definitionen und Erläuterungen vornehmlich die umfangreiche Tabelle über mehr als 950 Mineralien. — Der dritte Teil benennt sich „Technisch-chemische Untersuchungen" und behandelt in diesem Jahre die Brennmaterialien, die Leuchtstoffe sowie Stärke und Zucker. Für die übrigen technischen Gebiete ist auf ältere Jahrgänge des Kalenders verwiesen.

Wenn ein Buch 40 Jahre lang von demselben Herausgeber bearbeitet wird, so sind trotz dauernder Mitarbeit des Benutzerkreises und trotz der Hilfe jüngerer Kräfte gewisse Alterserscheinungen unvermeidlich; diesen hat der neue Herausgeber zunächst dadurch Rechnung getragen, daß er Druckfehler und andere Irrtümer beseitigt, „viele Abschnitte umgearbeitet und modernisiert" und eine Anzahl von Tabellen neu berechnet, z. T. neu aufgestellt hat. Daß hier in *einem* Jahre nicht alles geleistet werden konnte, was dem Herausgeber selbst wünschenswert schien, ist sehr begreiflich; wenn er aber in der Vorrede sagt: „an dem alten Aufbau, der Einteilung des Stoffes, die sich allmählich herausgebildet und bewährt haben, wird nichts geändert werden", so hoffe ich, daß dies nur cum grano sallis zu verstehen sein soll. Pietät ist gewiß eine höchst anerkennenswerte Tugend, in Wissenschaft und Technik ist sie aber Todsünde.

Der Chemiker-Kalender macht in seiner jetzigen Gestalt auf mich den Eindruck einer älteren, nach zweckmäßigen Plänen erbauten Fabrik, die sich den abgeänderten Arbeitsweisen und den steigenden Produktionsmöglichkeiten durch Um- und Anbauten, durch neue Arbeitsgeräte und peinliche Platzausnutzung angepaßt und dadurch leistungsfähig erhalten hat, aus der aber durch einen Neubau nach einheitlichem Plan noch wesentlich mehr herauszuholen wäre. Bei einer Umgestaltung des Chemiker-Kalenders, an die sich auch die älteren Benutzer schnell gewöhnen würden, möchte ich es für ratsam halten, jeder Tabelle die notwendigen theoretischen Erläuterungen, Definitionen und Arbeitsverfahren vorauszuschicken und alle Tabellen in eine systematische Ordnung zu bringen; hierdurch könnte viel Raum für noch fehlende Dinge gewonnen werden. Raumersparnis wäre auch durch Fortfall einiger Tabellen zu erzielen, die sich durch einfache und einfachste Rechenoperationen aus gewissen Grundwerten ergeben. Z. B. erscheint es mir nicht notwendig, die zwei- bis zehnfachen Atomgewichte — die Spalte mit den zehnfachen ist wirklich gedruckt — von 61 Elementen zu bringen; es würden die Multipla der für die organische Chemie wichtigen Elemente völlig ausreichen; wer das siebenfache Atomgewicht von Indium gebraucht, wird es sich auch ohne erhebliche Mühe ausrechnen können. Nicht notwendig erscheint mir auch eine Tabelle (*II*, 55) zur Umrechnung von Manometerablesungen in „Wasserdruck" auf „Quecksilberdruck"; und die 6 Tabellenseiten „Vergleichung der Celsiusschen Thermometerskala mit denen von Réaumur und Fahrenheit" werden durch die zuvor angeführten Formeln völlig genügend ersetzt. Selbst die 22 Seiten Tabellen zur Reduktion der Gasvolumina auf Normalbedingungen würde ich gern entbehren. Alle diese Tabellen stammen wohl noch aus einer Zeit, wo das Rechnen mit Logarithmen den Benutzern des Kalenders ungewohnt war; heute trifft das nicht mehr zu, und ich kenne sogar Chemiker, die mit einiger Gewandtheit den Rechenschieber handhaben. Diesen habe ich nun im Chemiker-Kalender sehr vermißt; ich würde empfehlen, seine Anwendung genau zu beschreiben, durch Beispiele auf seine besondere Eignung für chemische Rechnungen hinzuweisen und bei jeder rein rechnerisch abgeleiteten Tabelle auch anzumerken, wie sie mit dem Rechenschieber zu erhalten ist. Es könnte auch nicht schaden, wenn Beispiele für graphisches Rechnen und Anweisungen zur Herstellung graphischer Rechentafeln gebracht würden. Eine weitere Raumersparnis ließe sich bei „Maß und Gewicht" — die ich im ganzen für sehr wertvoll halte — erzielen; die ägyptische Nahud-Elle, die jüdische Sabbats-Tagereise und selbst die Parasange werden Chemikern und Physikern nicht gerade häufig begegnen. Dagegen könnte die „Stereometrie" einige Erweiterungen erfahren, es fehlt z. B. der Inhalt des Fasses.

Wenn der neue Herausgeber von seinem Vorgänger sagt, er habe den Chemiker-Kalender aus kleinen Anfängen zu einem „Universalwerkzeug" ausgestaltet, so darf man in dies Lob gern einstimmen, nur soll man nicht vergessen, daß Universalwerkzeuge nicht immer die leistungsfähigsten sind. Der Chemiker-Kalender soll nach meiner Auffassung das geistige Handwerkszeug des Chemikers enthalten; er ist aber nicht als wissenschaftliches Quellenwerk zu betrachten. Diese Grenze dürfte an manchen Stellen stark überschritten sein. Z. B. findet man in Tab. 6 (*Bd. I*) eine sehr große Zahl von Verbindungen aufgeführt, die entbehrlich wären, weil sie ohne technische Bedeutung sind und auch im normalen Betriebe eines Laboratoriums nicht vorkommen; hierzu zähle ich die Verbindungen der seltensten Elemente, für die nur Spezialisten Interesse haben. Nicht Universalität, sondern praktische Brauchbarkeit soll das letzte Ziel dieses Werkes sein.

Wenn die bisher geäußerten Wünsche hauptsächlich auf eine Beschränkung des Stoffes gerichtet waren, so darf ich vielleicht auch einige Erweiterungen vorschlagen. Für den Betriebschemiker, der so häufig auch den Ingenieur spielen muß, wären ohne Zweifel einige Angaben aus den Ingenieurwissenschaften von hohem Wert. — Die Temperaturmessung mit Thermoelementen könnte weit reicher ausgestattet sein; es sind nur die Platinthermoelemente erwähnt, man arbeitet aber vielfach mit Nickel/Silber, Konstantan/Eisen, Nichrom/Nickel usw.; die EKK dieser Elemente sollten verzeichnet werden. Auch beim Platinwiderstandsthermometer dürfte zu erwähnen sein, daß seine Angaben neuerdings von der PTR als Grundlage der praktischen Thermometrie benutzt werden. — Beim Gesetz von *Dulong-Petit* wäre eine Andeutung seiner theoretischen Begründung recht erwünscht. — Bei „Statik und Kinetik" (*II*, S. 170) vermisse ich die Gleichung der Reaktionsisochore, den Nernstschen Wärmesatz und eine Tabelle der „Chemischen Konstanten". — In Band II, S. 393 steht unter Photo-

metrie: „Am gebräuchlichsten ist das Bunsensche Fettfleckphotometer"; dies wird dann auch allein beschrieben; tatsächlich arbeitet seit langen Jahren niemand mehr mit *Bunsens* genial einfachem Apparat und es dürften hier einige wichtige Photometerköpfe, *Webers* Photometer, Kugelphotometer, lichtelektrische Zelle ihren Platz finden. — Schließlich erlaube ich mir noch, die Anregung zu geben, eine neue Tabelle einzufügen, in der die zahlreichen technisch-chemischen Produkte charakterisert sind, deren Namen nicht unmittelbar ihre Zusammensetzung erkennen läßt; ich denke z. B. an Stoffe wie Permanentweiß, Lithopone, Bakelit, Sorelzement, Blankit, Cellon, Permutit, Picein usw., die den Spezialisten zwar geläufig sind, den technisch unbewanderten jüngeren Chemikern aber häufig Rätsel aufgeben.

Wenn ich hier eine Reihe von Wünschen zur Umgestaltung und zum Ausbau des Chemiker-Kalenders vorgebracht habe, so geschah das nicht in der Meinung, daß der Herausgeber diese Punkte übersehen hätte, sondern hauptsächlich zu dem Zweck, seinem Reformeifer eine Stütze zu liefern.

J. Koppel, Berlin-Pankow.

Wärmetabellen. Ergebnisse aus den thermischen Untersuchungen der *Physikalisch-Technischen Reichsanstalt*, zusammengestellt von *L. Holborn, K. Scheel* und *F. Henning*. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1919. 72 S. Preis M. 7,—.

Ein schmales, aber inhaltreiches Bändchen, das in der Hand keines exakt messenden Physikers und Chemikers fehlen sollte; ein Heftchen, das Bände spricht von genauester und systematischer Arbeit, die allen Nationen zugute kommt!

Jeder, der weiß, wie stark die Zahlenangaben bei extrem hohen Temperaturen auseinandergehen, wie unsicher die genausten kalorimetrischen Messungen im Grunde sind, weil die verschiedenen Eichmethoden für die Apparatur divergierende Werte ergeben, der wird die Zusammenstellung der oft schwer zugänglichen und verstreuten Grundwerte der P. T. R. dankbar begrüßen. Nicht jeder bei hoher Temperatur arbeitende Forscher wird die P. T. R.-Skala ohne weiteres übernehmen, nicht jeder wird sofort mit dem neuen Wärmeäquivalent rechnen, das über ein Promille kleiner ist als der bisher angenommene Wert, aber an dieser exakten, mit genausten Literaturangaben versehenen Zusammenstellung kann niemand vorübergehen. Wer ihre Zahlenwerte nicht annimmt, ist gezwungen, die seiner abweichenden Rechnung zugrundeliegenden Daten genau anzugeben, woran es bisher leider sehr häufig gefehlt hat, zum Schaden der internationalen Verständigung in der Wissenschaft.

Bei einer Neuausgabe wäre es wünschenswert, zur größeren Klarheit in Tab. 12 (Thermokräfte) beim Durchgang durch Null Grad das Vorzeichen zu wechseln!

Das Büchlein zeigt, daß es wissenschaftliche Gebiete gibt, auf denen wir so leicht nicht besiegt werden können. Darum dürfen wir stolz sein, daß in Deutschland im Jahre unserer tiefsten Erniedrigung ein solches Standardwerk hat herausgegeben werden können.

W. A. Roth, Braunschweig.

Abraham, M., Theorie der Elektrizität. Erster Band: Einführung in die Maxwellsche Theorie der Elektrizität. 5. Auflage. Leipzig, B. G. Teubner, 1918. XIV, 400 S. und 14 Fig. Preis geh. M. 13,—, geb. M. 14,—.

Aus der großen Zahl von Büchern, die alljährlich den Markt überschwemmen, hebt sich eine verhältnismäßig sehr kleine Zahl heraus, die mehrere Auflagen erleben. Und unter ihnen gibt es nur wieder einen Bruchteil, der den Anspruch darauf machen kann, als „mustergültige Darstellung" bei Fachmännern und Lernenden anerkannt zu werden. Das Buch von *Abraham* gehört zu diesen.

Maxwell selber hat ja seine Theorie des elektromagnetischen Feldes in einer für den Anfänger ziemlich ungenießbaren Form dargestellt und es bedurfte erst der durchaus nicht einfachen Arbeit hervorragender Gelehrter, um die Faraday-Maxwellschen Anschauungen und Gedanken in eine klare, befriedigende Form zu bringen. *Abraham* hat an dieser Arbeit einen wesentlichen Anteil.

Nun könnte der Fernerstehende vielleicht meinen, daß die moderne Vorstellungsweise der Elektrizität in der Elektronenlehre die Maxwellsche Theorie überflüssig gemacht oder doch entwertet habe. Das ist aber keineswegs der Fall. *Maxwell* brauchte zu seiner Darstellung des elektromagnetischen Feldes keine Vorstellung über das Wesen der Elektrizität; demnach ist die Elektronentheorie als eine Fortsetzung und ein Ausbau der Maxwellschen Theorie anzusehen; dadurch erhält aber die letztere den Charakter eines fest umgrenzten Fundamentes, das bis zu einem gewissen Grade wissenschaftlich seinen Abschluß gefunden hat. Damit hängt es auch zusammen, daß die Darstellung *Abrahams*, nachdem sie in früheren Auflagen noch an einzelnen Stellen ergänzt und nachgebessert worden war, nunmehr eine gewisse „endgültige" Fassung angenommen hat; die fünfte Auflage ist gegenüber der vierten kaum verändert.

Trotzdem sei für die sechste Auflage hier ein kleiner, leicht erfüllbarer Wunsch ausgesprochen, der darin besteht, daß etwas reichlicher mit Figuren gearbeitet wird (es sind nur 11 im ganzen Buch). Das Auge faßt eine solche viel schneller auf, als die schönste Beschreibung. Der Wunsch ist auch dadurch gerechtfertigt, weil das Buch *Abrahams* durchaus nicht mehr auf den Kreis der reinen Theoretiker beschränkt geblieben ist; vielmehr ist es jetzt auch schon ziemlich weit in den Kreisen der Elektrotechniker verbreitet, die geometrische Darstellungen wegen ihrer Anschaulichkeit ganz besonders schätzen.

E. Orlich, Berlin-Charlottenburg.

Berichte gelehrter Gesellschaften.

Akademie der Wissenschaften in Wien.

Sitzungen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse, 1919.

9. Oktober.

Prof. Dr. *Robert Sterneck* in Graz übersendet eine vorläufige Mitteilung **über eine ergänzende Rechnung zur Theorie der Adriagezeiten.** In der Arbeit: Die Gezeitenerscheinungen in der Adria, II. Teil (Denkschriften der Akademie der Wissenschaften in Wien, mathem.-naturw. Klasse, Bd. 96, p. 277 bis 324) wurden bei Berechnung des Einflusses der fluterzeugenden Kräfte auf die Wassermassen der Adria nur die Ostwestkomponenten dieser Kräfte berücksichtigt. In der

vorliegenden Mitteilung wird die Methode angegeben, nach der sich die Berücksichtigung beider Komponenten rechnerisch durchführen läßt und gezeigt, daß ihre Anwendung zu keinen irgendwie nennenswerten Abweichungen von den in der zitierten Arbeit berechneten Amplitudenverteilungen führt.

Dr. *Rudolf Wagner* in Wien übersendet zwei Arbeiten mit dem Titel:

1. **Vorblattdornen als Klettereinrichtung bei Celastrus flagellaris Max.** Bei dem anfangs der fünfziger Jahre im Amurgebiet entdeckten Strauche sind die Vorblätter der Zweige als Dornen entwickelt, vorwiegend an der Spitze jener peitschenförmigen Äste, denen die Art den Namen verdankt; sie sind hakenförmig gekrümmt und mit ihnen hängen sich die Äste bei ihren Bewegungen an andere Pflanzen an, um so näher zum Lichte zu gelangen. Eigenartig sind hier auch die als verzweigte Fäden entwickelten Nebenblätter, die indessen frühzeitig abfallen. Hinweise auf das Verhalten der Vorblätter bei anderen ostasiatischen Celastrusarten beschließen die Studie, weitere Vorkommnisse von Vorblattdornen scheinen bisher nicht bekannt zu sein.

2. **Zur Geschichte der Spigelia marylandica L.** Die meistverfälschte Droge nordamerikanischer Herkunft ist die Radix Spigeliae, ein altes, schon den Ureinwohnern der atlantischen Staaten geläufiges Wurmmittel, das schon frühzeitig in die Materia medica der eingewanderten Europäer seinen Weg fand. Im Jahre 1856 war sie Gegenstand einer ausgezeichneten, den verschiedensten Gesichtspunkten gerecht werdenden Studie *Bureaus*, des derzeitigen Nestors der französischen Botaniker. Die bisher publizierten Abbildungen der auffallend schönen, oft abgebildeten Pflanze erlauben eine sichere, eindeutige Bestimmung der morphologischen Elemente des Blütenstandes nicht oder nur teilweise, so daß sich Verfasser veranlaßt fand, das nicht ganz einfache Gebilde einer Analyse zu unterziehen. Es resultierte ein *Wickelsympodium*, das durch *progressive Rekauleszenz* kompliziert ist und sich in ähnlicher Weise auch bei anderen Arten der Gattung, indessen durchaus nicht bei allen, findet.

Über die Drehungen beim Ranner Erdbeben vom 29. I. 1917; von *F. Heritsch* und *R. Schwinner*. *Heritsch:* Drehungen beiderlei Sinnes fanden neben- und durcheinander statt. *Schwinner:* Mathematische Analyse ergab, daß Schwingungen von langer Periode eher umstürzen als drehen oder verschieben. Drehend wirken schnelle Schwingungen, wenn Horizontal- und Vertikalschwingung gleiche Periode und Phase haben.

Über Metaoxytolylsulfone; von *J. Zehenter* in Innsbruck. In dieser Arbeit wird gezeigt, daß sich durch Einwirkung von Vitriolöl auf m-Kresol unter bestimmten Bedingungen zwei Oxysulfone, α-m-Oxytolylsulfon und β-m-Oxytolylsulfon genannt, bilden.

16. Oktober.

Das w. Mitglied Hofrat *H. Molisch* legt vor: **Mitteilungen aus der Biologischen Versuchsanstalt der Akademie der Wissenschaften in Wien (Pflanzenphysiologische Abteilung, Vorstand: W. Figdor). Nr. 46. Änderungen der Spaltöffnungsweite unter dem Einflusse verschiedener Bedingungen;** von *Alfred Bürgerstein*. An nicht zu stark insolierten Blättern sind die Spaltöffnungen weiter geöffnet, als an Schattenblättern desselben Pflanzenstockes, während bei intensiver, längerer Sonnenbestrahlung des Laubes eine Spaltenverengerung eintritt. Unsere bisherigen Kenntnisse über das Offen- oder Geschlossensein der Stomata an welkenden Blättern wurde erweitert durch die Prüfung von 250 Arten und 150 Gattungen. Bezüglich der Gattung Salix ergab sich unter anderem, daß die Zahl der Arten, bei denen an welkenden Blättern Spaltenklausur erfolgt, mit dem Vorschreiten der Vegetationsperiode abnimmt. Der Zustand der Spaltenapertur zur Nachtzeit wurde bei 78 Freilandpflanzen untersucht. Versuche mit Topfpflanzen lehrten, daß auf das Offenbleiben von Spaltöffnungen Besonnung bei mäßiger relativer Luftfeuchtigkeit wirksamer ist, als Aufenthalt in einem nahezu dunstgesättigten Raume bei gleichzeitigem Lichtabschluß.

30. Oktober.

Das w. Mitglied *R. Wegscheider* überreicht eine im I. chemischen Laboratorium der Wiener Universität ausgeführte Arbeit: **Ein Beitrag zur Frage der asymmetrischen Synthese;** von *Richard Weiß*. Bei der Einwirkung eines optisch aktiven Alkohols auf unsymmetrische Ketoketene ist die Bildung von Estern optisch aktiver Säuren denkbar. In der Tat entsteht aus Phenyl-p-tolylketen und l-Menthol d-Phenyl-p-tolylessigsäure-l-menthylester. $[\alpha]_D = -45{,}4^0$ (in Aceton), $K_{p_1mm} = 190$ bis 196^0.

6. November.

Symmetrische Zeichnung der Säugetierhaut infolge des Haarkleidwechsels; von *K. Toldt jun.* Bei im Herbst getöteten einheimischen Säugetieren findet sich an der Innenseite der Haut meistens eine oft auffallend symmetrische Zeichnung, die aus dunkelbläulichen Flecken beziehungsweise Streifen in der weißlichen Grundfärbung besteht und sich oft nicht mit der Zeichnung der Felloberfläche deckt. Derartige Flecke stehen mit dem Haarkleidwechsel in Zusammenhang (Durchschimmern der pigmentierten Wurzeln von dicht beisammenstehenden farbigen Haaren, die noch im Wachstum begriffen sind [Papillenhaare]). Der Herbsthaarwechsel vollzieht sich nicht gleichzeitig am ganzen Körper, sondern setzt bei den einzelnen Arten zumeist an bestimmten Stellen ein, worauf er in ziemlich regelmäßiger Reihenfolge die anderen ergreift. Auffallend ist die Symmetrie, mit der er vor sich geht. Der Hauptzug ist der longitudinale (mehr weniger breiter Streif entlang des Rückens oder jederseits entlang der Flanken oder der Extremitäten; von solchen Streifen kann zeitweilig nur der kraniale und kaudale Teil vorhanden sein). Im allgemeinen beginnt der Herbstwechsel an dem relativ dickhäutigen Rückengebiet und schreitet von da auf die Extremitäten, die Flanken und auf den Bauch fort.

20. November.

Prof. Dr. *Felix M. Exner* übersendet eine Arbeit, betitelt: **Zur Theorie der Flußmäander.** Es wird versucht, die Mäander aus Eigenschwingungen des Wassers quer zur Längsrichtung der Flüsse zu erklären. Die Formel für die stehende Schwingung liefert eine Beziehung zwischen der Flußgeschwindigkeit, der Breite des Mäandergürtels, seiner Wellenlänge und Tiefe, die beim Vergleich mit mehreren natürlichen Flußläufen der Größenordnung nach ungefähr stimmt. Einige Laboratoriumsversuche in Sand zeigen die Entwicklung der Windungen durch schiefen Einfluß des Wassers in eine gerade Rinne, die Bildung von Sandbänken, die Abwärtsbewegung derselben usw.

Das k. M. *H. Benndorf* übersendet eine im Physikalischen Institut der Universität Graz ausgeführte Arbeit von *Dr. Angelika Székely:* **Beobachtungen an elektrolytischen Detektoren.** Es wird eine Methode beschrieben, die Wirkung der gebräuchlichen elektrolytischen Detektoren bei Verwendung einer Hilfsspannung so zu untersuchen, daß man vergleichbare Resultate erhält. Die von Jégou- und Schloe-ilch-Detektor mit verschiedenen Hilfsspannungen beim Durchgang von niederfrequentem Wechselstrom gelieferten Gleichströme werden verglichen: die statischen Charakteristiken der elektrolytischen Detektoren bestimmen ihre Wirkung.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 23. (Seite 429—460) **4. Juni 1920.** **Achter Jahrgang.**

WILHELM ROUX

ZUR FEIER

SEINES SIEBZIGSTEN GEBURTSTAGES

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 28.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.80.

Anzeigen werden zum Preise von M. 2.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Archiv
für
Entwicklungsmechanik der Organismen

Organ für die gesamte kausale Morphologie

Herausgegeben von

Dr. Dr. Wilhelm Roux
o. ö Professor der Anatomie in Halle a./S.

Zuletzt sind erschienen:

Band 46, Heft 1. Mit 19 Textabbildungen und 8 Tafeln. Preis M. 42,—

Kolmer, Ueber den Befund einer zweiten Linse (Spontanlentoidbildung) im Auge eines Welses. — **Demoll,** Zur Frage nach der Vererbung vom Soma erworbener Eigenschaften. — **Steinach,** Künstliche und natürliche Zwitterdrüsen und ihre analogen Wirkungen. Drei Mitteilungen. — **Steinach,** Histologische Beschaffenheit der Keimdrüsen bei homosexuellen Männern. — **Stieve,** Das Skelett eines Teilzwitters. — **Erdmann,** Endomixis and Size Variations in Pure Bred Lines of Paramaecium aurelia. — **Uhlenhuth,** Studien zur Linsenregeneration bei den Amphibien. I. Ein Beitrag zur Depigmentierung der Iris, mit Bemerkungen über den Wert der Reizphysiologie. (Schluß).

Band 45, Heft 4. Mit 22 Textabbildungen und 7 Tafeln. Preis M. 38,—

Krieg, Beiträge zur Rudimentierungsfrage nach Beobachtungen an Anguis fragilis, Chalcides tridactylus und Lacerta serpa. — **Korschelt,** Ueber die natürliche und künstliche Teilung des Ctenodrilus monostylos Zeppelin. — **Spitzer,** Ueber die Ursachen und den Mechanismus der Zweiteilung des Wirbeltierherzens. I. Teil.

Band 45, Heft 3. Mit 17 Textabbildungen und 10 Tafeln. Preis M. 38,—

Spemann und **Falkenberg** †, Ueber asymmetrische Entwicklung und Situs inversus viscerum bei Zwillingen und Doppelbildungen. — **Petersen,** Ueber den Begriff des Lebens und die Stufen der biologischen Begriffsbildung. — **Gräper,** Mechanische Betrachtungen und Versuche über Zellform und Zellgröße. — **Stieve,** Das Verhältnis der Zwischenzellen zum generativen Anteil im Hoden der Dohle (Colaeus monedula). — **Uhlenhuth,** Studien zur Linsenregeneration bei den Amphibien. I. Ein Beitrag zur Depigmentierung der Iris, mit Bemerkungen über den Wert der Reizphysiologie.

Hierzu Teuerungszuschläge

W. Roux

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 4. Juni 1920. Heft 23.

WILHELM ROUX

ZUR FEIER

SEINES SIEBZIGSTEN GEBURTSTAGES

Inhalt:

Seite

Wilhelm Roux zum siebzigsten Geburtstage. Von *Dietrich Barfurth, Rostock* . . . 431

Wilhelm Roux und die Anatomie. Von *H. Braus, Heidelberg* 435

Wilhelm Roux als Experimentator. Von *H. Spemann, Freiburg* 443

Wilhelm Roux als Theoretiker. Von *Hans Driesch, Köln* 446

Die Lehre von der funktionellen Anpassung in der Orthopädie. Von *Georg Magnus, Jena* 451

Botanische Betrachtungen über entwicklungsmechanische Begriffe. Von *E. Küster, Bonn* 453

Übersicht der wichtigsten Publikationen von Wilhelm Roux. Von *G. Wetzel, Halle* . . 457

Wilhelm Roux zum siebzigsten Geburtstage.

Von Dietrich Barfurth, Rostock.

Der nachfolgende Bericht über den Werdegang von *Wilhelm Roux* stützt sich auf schriftliche und mündliche Mitteilungen von ihm, auf seine Briefe an mich und meine eigene Kenntnis seines Lebens und seiner Lebensarbeit.

Dr. med. und Dr. phil. hon. causa *Wilhelm Roux*, Geheimer Medizinalrat, ordl. Prof. für Anatomie und Direktor des Anatomischen Instituts der Universität Halle, wurde geboren am 9. Juni 1850 in Jena, besuchte von 1857 bis 1864 das Stoysche Erziehungsinstitut daselbst, dann bis Ostern 1870 die Oberrealschule zu Meiningen, studierte von Ostern 1870 bis Michaelis 1877 in Jena, Berlin und Straßburg zuerst Naturwissenschaften, besonders Zoologie unter *Haeckel*, dann Medizin und Philosophie, war 1870/71 Teilnehmer am Kriege gegen Frankreich, bereitete sich während des Studiums in Jena zugleich ohne Unterricht auf das Gymnasial-Abiturientenexamen vor, das er am 21. Dezember 1872 in Meiningen bestand. Am 24. März 1877 absolvierte er das medizinische Staatsexamen in Jena, studierte noch ein Jahr Philosophie, promovierte daselbst am 2. April 1878 zum Dr. med., war Ostern 1878 bis Herbst 1879 Assistent am pathologisch-chemischen und zugleich hygienischen Institut in Leipzig, vom 1. Oktober 1879 bis 30. September 1888 Assistent am anatomischen Institut zu Breslau, habilitierte sich hier am 31. Juli 1880 für Anatomie, wurde am 24. Juni 1886 außerordentlicher Professor für Anatomie und am 27. Juli 1888 Direktor des für ihn gegründeten Instituts für Entwicklungsgeschichte in Breslau, erhielt am 20. April 1889 das daselbst neugegründete anatomische Ersatzextraordinariat mit Lehrauftrag vorzugsweise für Entwicklungsgeschichte und Entwicklungsmechanik, wurde am 23. August 1889 ordentlicher Professor für Anatomie und Direktor des anatomischen Instituts zu Innsbruck und ist seit 19. August 1895 im jetzigen Amte.

Roux ist verheiratet mit Thusnelda, geb. *Haertel*, Tochter des bekannten Bildhauers Prof. Robert *Haertel* in Breslau. Sein ältester Sohn Erwin, geboren 1891 zu Innsbruck, ist Diplom-Ingenieur für Maschinenbau und Assistent der Technischen Hochschule in Breslau. Der zweite Sohn, Wilhelm, geboren 1892 zu Innsbruck, ist Cand. ing. Beide Söhne nahmen mit Auszeichnung am Weltkriege teil. Auch *Roux* Gattin und seine Tochter Irmgard machten sich durch Teilnahme am Kriegshilfsdienst wohlverdient.

Wilhelm Roux war ein stiller für sich lebender und sich allein beschäftigender Knabe und zeigte schon früh den Zug zur Einsamkeit, den er sein Leben lang behalten hat. Er wurde auch geradezu vom Verkehr abgehalten und sollte bloß lernen und lesen, was die Schule verlangte. Heimlich verschaffte er sich als Knabe die kleine Physik von *Joh. Müller* und las darin tags an versteckten Orten und nachts mit Begeisterung. Immer war der Knabe beschäftigt die Vorgänge des täglichen Lebens zu beobachten und physikalisch zu analysieren, die Adhäsionsfiguren, die Bruchflächen, die Abreißungsfiguren, die Beschlagung beim Anhauch, die Schneidbarkeit, die Spaltbarkeit der verschiedenen Materialien usw. und er arbeitete infolge versagter Erlaubnis heimlich in der Privatwerkstatt des Vaters.

Er besuchte zuerst das vorzügliche als Progymnasium dienende Stoysche Institut in Jena, blieb da bis zum 14. Jahre und trat dann entsprechend seiner Neigung auf die Realschule in Meiningen über. In den Oberklassen half er als Famulus dem ausgezeichneten Lehrer, Direktor und Physiker *Knochenhauer* bei seinen physikalischen Experimenten und machte auf Wunsch desselben mit einem von ihm selber hergestellten galvanoplastischen Apparat einen preußischen Taler aus Kupfer, der noch in der Sammlung aufbewahrt wird. Physik, Chemie und Mathematik waren seine Lieblingsfächer.

Ostern 1870 bezog er die Universität Jena, um Medizin zu studieren. Als Realabiturient wurde er nur in die naturwissenschaftliche Fakultät aufgenommen, besuchte jedoch sogleich auch die vorklinischen Collegia. Bei Ausbruch des Krieges trat er als Freiwilliger bei dem 32. Inf.-Rgt. in Meiningen ein, wurde mit der Waffe ausgebildet, dann aber mit den andern Studierenden der Medizin an das Reservelazarett zur Hilfeleistung abgegeben. Nach dem gesetzmäßig erlaubten freiwilligen Austritt Ende Juli 1871 aus der Armee studierte er weiter Medizin und bereitete sich daneben 1½ Jahr lang durch Selbstunterricht auf das nachzumachende Gymnasialexamen vor, um dann offiziell Medizin studieren und danach die medizinischen Prüfungen ablegen zu dürfen. Dieses Gymnasialexamen machte er mit besonderer Erlaubnis des Herzogs Georg von Meiningen in abgekürzter, auf Latein, Griechisch und deutschen Aufsatz beschränkter Form nach. In den vorklinischen Semestern fesselten ihn am meisten *Gegenbaur* und *Haeckel*, ohne daß er ihnen persönlich nahe getreten wäre. Nach dem Physikum studierte er außer in Jena noch in Berlin und Straßburg. Vor allem zogen ihn *Virchows* Vorlesungen und Demonstrationskurse sowie die Zellularpathologie an, die er ganze Nächte durchstudierte und durchdachte.

Roux war von Jugend an ständig mit Problemen beschäftigt, neben denen er den täglichen Vorkommnissen des Lebens wenig Beachtung schenkte. Er trug immer — auch jetzt noch — zur späteren Einordnung in Kapseln geeignete Zettel gleichen Formates bei sich, auf die er Tag und Nacht seine Gedanken stenographisch aufschrieb, oft wie eine eingestellte Maschine schreibend, so daß er beim Absetzen des Stiftes nicht gleich wußte, was auf dem eben geschriebenen Zettel stand. Er bildete sich stets seine eigene

Meinung und vertrat sie auch seinen Lehrern *Preyer, Nothnagel, Virchow, Leyden* gegenüber.

Nachdem er das Physikum in Jena gemacht hatte, ersuchte er seinen Lehrer *Gustav Schwalbe* um ein entwicklungsgeschichtliches Thema. Dieser verwies ihn auf die Entwickelung der Leber, sagte, da wäre noch etwas zu machen, aber er habe selber noch nicht entwickelungsgeschichtlich gearbeitet, könne ihm daher nichts Technisches raten.

Er erfand sich die ganze embryologische und mikroskopische Technik und arbeitete so von Anfang an wie sein Leben lang mit etwas umwegigen Methoden. Wenn ihn ein Thema interessierte, las er nicht zuerst die Literatur, sondern er erarbeitete sich alles selber und sah erst hinterher in der Literatur nach, was von dem neu Erworbenen wirklich neu war und sich also zum Publizieren eignete. Denn das eigene Erarbeiten, das Erkennen war ihm Genuß und nächster Zweck, die Ausarbeitung des Errungenen zur Lesbarkeit für andere dagegen war ihm geradezu zuwider.

Die beim Studieren der Entwickelung der Leber des Hühnchens gewonnenen Ergebnisse waren der Hauptsache nach in der zur selben Zeit erschienenen Arbeit von *Toldt* und *Zuckerkandl* enthalten; deshalb unterblieb eine Publikation. Beim Studium der Leber des Erwachsenen entdeckte *Roux* die Regelmäßigkeit der Ablenkung der Äste der Vena portae, verfolgte diese weiter, verbesserte die Korrosionsmethode *Hyrtls* und veröffentlichte die an Arterien usw. gefundenen Regelmäßigkeiten 1878 als seine Doktordissertation.

Danach studierte er noch ein Jahr Philosophie und nahm dann in Ermangelung von für ihn Geeigneterem eine Stelle als Assistent am hygienischen Institut in Leipzig bei *Franz Hofmann* an. Er war, wie er erzählt, ein sehr schlechter Assistent, denn sein Geist war immer mit dem Problem der Entwickelung beschäftigt: mit der Produktion von Mannigfaltigkeit, der Umbildung von Mannigfaltigkeit, die ihn allmählich zur Verschärfung der überkommenen Begriffe der Epigenesis und Evolution, zur Aufstellung der Neoepigenesis und Neoevolution führten, mit der funktionellen Anpassung und der Teilauslese im Kampf der Teile.

Alles dies war schon 1879 gedanklich fast fertig und wurde bereits in der noch in Leipzig verfaßten zweiten, schon mehr kausalen Arbeit über *die Verzweigung der Blutgefäße* kurz angedeutet.

Auf Grund dieser Arbeit berief ihn *C. Hasse* als II. Assistenten am anatomischen Institut nach Breslau. Ein kleiner Teil des Stoffes wurde behufs rascher Habilitation als Privatdozent der Anatomie Ende Juli 1880 in drei Tagen zu einer Habilitationsschrift zusammengeschrieben. Ein halbes Jahr später erschien das ganze Stoffgebiet in zusammengefaßter Bearbeitung unter dem Titel: der Kampf der Teile im Organismus.

In diesem Buche ist außer der Teilauslese und der Theorie der funktionellen Anpassung in Kapitel V auch schon die von *Roux* jahrelang gesuchte *Vervollständigung der Definition des Lebewesens* enthalten, die in der Erkenntnis der *Selbstregulation* in der Ausübung aller Leistungen derselben als einer unerläßlichen und daher universellen Eigenschaft besteht; auch findet sich hier schon die Andeutung der Möglichkeit der *Entstehung des ersten Lebens „durch sukzessive Züchtung seiner Grundfunktionen"*.

So war *Wilhelm Roux* nun als Assistent und Privatdozent der Anatomie in der ersehnten wissenschaftlichen Bahn, in der er sein Lebenswerk aufbauen konnte.

Der Unterricht auf dem Seziersaal, der Gedankenaustausch mit den Studierenden, die ständige Behandlung der Fragen nach der Funktion und der Entstehungsursache jedes Formverhältnisses war seine Freude, der Unterricht im Kolleg weniger, das Vortragen fiel ihm jahrelang schwer.

Nach der Theorie der funktionellen Anpassung folgten drei große Spezialarbeiten über *funktionelle Anpassung.* Zuerst des kompliziertesten bindegewebigen Organs: *der Schwanzflosse des Delphins,* die so recht einen Stoff für *Roux* bot, ein Gebiet, auf dem Herrliches, ganz Neues an konstruktiven Motiven zu entdecken, funktionell zu deuten und kausal abzuleiten war. Zugleich wurde die Arbeit über die *Selbstregulation der Muskellänge* angefertigt, die gleich der vorigen in den Jahresberichten übergangen wurde. Dann folgte 1885 die Beschreibung sowie funktionelle Deutung und kausale Ableitung der sehr komplizierten Spongiosastruktur einer *knöchernen Kniegelenksankylose,* in welcher auch zum erstenmal eine vollständige Übersicht der *statischen Elementarteile* der Knochenspongiosa und aller aus ihnen aufgebauten *Formationen* gegeben ist; gleichfalls etwas, das noch jetzt in allen Lehrbüchern übergangen wird. Daher seien wenigstens erstere hier mitgeteilt: Tubuli ossei, Pilae osseae oder Kugelschalen (*Roux*), Lamellae staticae, Trabeculae osseae, Laminae osseae (*Roux*). Jeder dieser Bausteine und jede darauf aufgebaute Formation der Knochenspongiosa ist durch besondere Funktion charakterisiert, alle werden, wie *Roux Jul. Wolff* ergänzend zeigte, außer vererbt auch durch direkte Anpassung in funktionell neuen Verhältnissen hervorgebracht und passend verwendet.

Die Schrift „Der Kampf der Teile" wurde mit diesen drei Abhandlungen später nebst einigen auf dasselbe Stoffgebiet bezüglichen theoretischen Schriften 1894 in dem ersten Band seiner „Gesammelten Abhandlungen" vereinigt.

Gleichzeitig mit der Delphinflosse und der Muskellänge bearbeitete *Roux* (erschienen 1883) die kleine, rasch verbreitete Abhandlung über die *funktionelle Bedeutung der Kernteilungsfiguren* und die andere über die *Zeit der Bestimmung der Hauptrichtungen des Froschembryo im Ei* (1883).

In letzterer wandte *Roux* zuerst das *„deskriptive Experiment“* an. Im selben Frühjahr, aber an einer 2 Monate später laichenden Spezies machte der Physiologe *Pflüger* seine ersten Versuche am Froschei, die, obschon sie von ganz anderer Fragestellung ausgingen, doch zum Teil mit denen *Roux'* zusammenfielen und soweit auch dasselbe Ergebnis lieferten.

Entgegen *Pflügers* Schlußfolgerung, nach welcher es keine Vererbung gäbe, sondern das, was aus einem Ei wird, gleich „der Gestalt einer Lawine ganz von den „äußeren“ Verhältnissen bestimmt werde“, machte *Roux* im folgenden Jahre 1884 sein erstes kausal-analytisches Experiment *durch Aufhebung der „richtenden Wirkung“ der Schwerkraft* (durch Dreheier und Überschlagseier), deren Ergebnis *Pflügers* Folgerung widerlegte.

Daran schlossen sich die mehrere Frühjahre hindurch *Roux* beschäftigenden kausal-analytischen Versuche über die unmittelbaren Ursachen der *„typischen Bestimmung“ der Medianebene des Embryo im Froschei,* die sonderbarerweise, wie *Roux* sagt, noch 1912 von einem Autor (*A. Greil*) als „teleologisch“ angefochten wurde, da er die Arbeit nicht so weit studiert hatte, um zu erkennen, daß sie nicht von dem Zweck, sondern von der *„Ursache“* der Richtung der Medianebene handelt. Man darf eben die Entwickelungsmechanik nicht nach deskriptiven Gesichtspunkten beurteilen. Das kausale Ergebnis *Roux'* war, daß bei der (NB. sehr schwierigen) Fernhaltung „äußerer“ umordnender Wirkung auf das „typisch beschaffene“ Ei die Richtung der Medianebene durch die Kopulationsrichtung des Eikerns und des Spermakerns bestimmt wird. Deshalb „kommt“ dieses Geschehen in der freien Natur *nur selten vor,* ist aber trotzdem das *typische Wirken* (Geschehen), was von manchen deskriptiven Autoren noch jetzt nicht erkannt wird, indem sie gesetzmäßiges „Wirken“ und dessen zeitlich-örtliches „Vorkommen“ verwechseln.

Nach der Publikation der Knochenarbeit verließ *Roux* das Gebiet der funktionellen Anpassung dauernd. Dies geschah in der Annahme, daß nach dieser Grundlegung die Arbeit von anderer Seite weitergeführt werden würde, zumal da sie für die Orthopädie und Chirurgie von großer praktischer Bedeutung ist. Aber es ist in dem darauf folgenden Vierteljahrhundert nur sehr wenig darüber gearbeitet worden.

Es erfolgte nunmehr der definitive Übergang *Roux'* zur Entwickelungsmechanik des Embryo und damit zu einer Reihe von Publikationen, die er gleichfalls mit einer schon jahrelang vorbereiteten theoretischen Abhandlung über die vorliegenden Probleme und mit dem Aufzeigen geeigneter geistesanalytischer Methodik begann.

Die erste Abhandlung erschien zugleich mit der Knochenarbeit (1895) und hat eine „Einleitung“ zu den geplanten Beiträgen zur Entwickelungsmechanik des Embryo. Beitrag I führt den bezeichnenden Titel: *Zur Orientierung über einige Probleme der embryonalen Entwickelung.* Dieser Beitrag I enthält die Begriffe der *Selbstdifferenzierung* und *differenzierenden Korrelationen,* worunter *Roux* etwas kausal Bestimmteres versteht als *Cuviers* Korrelationen.

Die andere kausale Grunddistinktion, auf der *Roux* die Entwickelungsmechanik errichtete, die Scheidung der *Faktoren* in *determinierende* und *realisierende,* war im Prinzip schon im „Kampf der Teile“ enthalten. Dazu kam jetzt noch die *Berücksichtigung* der bisher in der Biologie übergangenen *„unsichtbaren“ Mannigfaltigkeit.* Auf deren Berücksichtigung gründet sich *Roux'* Ersetzung der durchaus richtigen sichtbaren Epigenesis *K. Fr. Wolffs* — die, wie *Roux* zeigte, auch bloße Umwandlung unsichtbarer Mannigfaltigkeit in sichtbare, also Evolution, d. h. das Gegenteil von Epigenesis sein kann —, durch seine *Neoepigenesis,* die durch wahre Vermehrung der Mannigfaltigkeit charakterisiert ist, und die Ergänzung der bisher angenommenen Evolution durch Umwandlung unsichtbarer Mannigfaltigkeit in sinnenfällige, die er *Neoevolution* nannte. Dadurch wurden diese alten, längst als gelöst betrachteten Probleme in ganz neuer vertiefter, für die *kausale Forschung* geeigneter Weise neu belebt und riefen nun wieder viele Diskussionen hervor.

Dieser erste Beitrag enthält auch schon die ersten Anstich- und Ausschnittversuche am Froschei, mit dem unbefrucheten Ei beginnend und durch alle Entwickelungsstadien bis zum Schluß des Medullarrohres fortgesetzt. Erst zwei Jahre später publizierte *Chabry,* dessen Lehrer, Prof. *G. Pouchet, Roux* seine Arbeit übersandt hatte, Anstichversuche am Ascidienei. Im Jahre 1888 folgte dann *Roux* durch Virchows Archiv in der ganzen naturwissenschaftlichen Welt verbreitete Abhandlung über viele durch Anstich des Eies nach der ersten Teilung gebildeten *„Hemiembryonen“* und deren „Postgeneration“. Diese Arbeit wurde von vielen für *Roux'* erste Abhandlung über Eianstich gehalten, weil er verabsäumt hat, darin auf die frühere Abhandlung hinzuweisen. Aus diesem Grunde wird auch vielfach *Chabry* zumal im Auslande irrtümlich die Priorität dieser Methode zugeschrieben. Die Postgeneration erregte trotz mehrfacher sachlicher Bestätigung durch Experimente anderer Forscher viel Widerspruch, indem man das Wesentliche des Geschehens bei der Deutung der Ergebnisse überging und sich an Spezielles, Nebensächliches hielt, das auch von *Roux* nur vereinzelt beobachtet worden war. Im Jahre 1889 kam ergänzend dazu eine Mitteilung über die Entwickelung des kernhaltigen nach dem Anstich entstandenen Eiaustrittes, des *Extraovats.*

Es folgte 1891 eine große Abhandlung über die von *Roux* entdeckte *„sichtbare“ elektrische Polarisation der embryonalen Substanz* bei der von ihm neu angewandten intraelektrolytären Durchströmung. Aber die gesuchte direkte richtende Wirkung des Gleichstromes und des Wechsel-

stromes auf die Einstellung der Kernspindel und auf die Kernteilung ergab sich nicht, nur eine indirekte, indem durch die Abtötung der Polseiten die „Gestalt" der „lebenden" Zelle verändert wurde und indem diese Gestalt, wie es von den Furchungszellen schon bekannt war, die Teilungsrichtung bestimmt. Aber eine andere noch unverstandene eigentümliche Tatsache lehrten diese elektrischen Versuche, nämlich die, daß an „lebenskräftigen" Morulae jede *einzelne* Zelle zwei Polfelder bildet, während durch Vergiftung geschwächte, aber eben noch lebende Morulae nur, wie ein ungeteiltes Ei, im ganzen zwei große Polfelder bilden; eine Tatsache, die uns noch wichtige Erkenntnis bringen kann; diese ist schon durch *Roux* selber angebahnt (in Vortrag I 1905, S. 72 u. 210), aber von den Physiologen noch nicht weiter verfolgt.

Alle diese experimentellen und wichtige zugehörige theoretische Abhandlungen veröffentlichte *Roux* 1895 zusammengefaßt im 2. Band seiner Gesammelten Abhandlungen.

Im Jahre 1893 entdeckte *Roux* an Furchungszellen der Froschmorula, welche durch Zerreißung isoliert waren, nähernde (gleichsam anziehende) Wirkungen, die sie aufeinander ausüben, und im Anschlusse daran in weiteren „analytischen" Versuchen die direkt umordnenden Wirkungen, welche bloß 2 oder 3 oder mehr „sich bereits wieder berührende" Furchungszellen aufeinander ausüben, und leitete alle die beobachteten Arten der Zellenselbstordnung (Cytotaxis) von Änderungen der Oberflächenspannung ab. Mit der ausführlichen Abhandlung über die Näherungswirkungen (den Cytotropismus) der Furchungszellen eröffnete *Roux* das im Jahre 1894 von ihm gegründete *Archiv für Entwickelungsmechanik,* dem er eine Darlegung über sein Programm und die kausal-analytische Methodik vorausandte.

Das Archiv zählt bis jetzt 46 Bände und über 200 Mitarbeiter aus allen Kulturstaaten. So hat sich die entwickelungsmechanische Forschung ausgebreitet.

Es folgte 1896 die ausführliche Abhandlung über die drei Arten der *Selbstordnung* sich berührender *Furchungszellen:* flächenhafte Zusammenfügung, Verschiebung, Selbsttrennung, und eine Arbeit über künstliche *Nachmachung der Furchungstypen* der Wirbeltiere mittels schwimmender Öltropfen, sowie über die Bedeutung geringer Verschiedenheiten der relativen Größe der Furchungszellen für den Charakter der Furchung.

Mit dem Jahre 1896 ist *Roux'* experimentelle eigne Forschertätigkeit abgeschlossen, und er überließ die experimentelle Arbeit fernerhin seinen Schülern *Endres, Fuld, Eug. Albrecht, W. Gebhardt, O. Levy, Kaneko, Kishi, Meyburg, Zieler, Oppel, Schepelmann, Laqueur* und andere.

Er selber widmete sich nun ganz theoretischen Arbeiten sowie der Verteidigung, Verbreitung und Weiterbildung seiner Lehren. Wir erwähnen von den vielen Schriften dieser Periode nur die wichtigsten: *Für unser Programm und seine Verwirklichung,* 1892, in welcher Abhandlung er Angriffe gegen die Entwickelungsmechanik in energischer und überzeugender Weise widerlegt und als neu die *prinzipielle Scheidung von Naturgesetz und Regel,* von *Wirken* und *Vorkommen* aufstellt, wonach man in der Naturwissenschaft bloß noch von „Gesetzen des Wirkens" und von „Regeln oder Regellosigkeiten des örtlich-zeitlichen Vorkommens" reden kann.

Ferner sei erwähnt seine Schrift: Die Notwendigkeit der zweiten Prüfung in Anatomie und Physiologie oder *überwiegend realistische Vorbildung der Studierenden der Medizin.* (Anatomischer Anzeiger 1900.)

Diese Schrift wurde vom Kultusminister im Bundesrat verbreitet und war das letzte Gutachten vor der Zulassung der Realschul-Abiturienten zum Studium der Medizin. Leider wurde aber die von *Roux* verlangte, dem Mediziner nötige Ergänzung im Lateinischen und Griechischen, wie er mit Recht klagt, nicht verständig eingeführt. Die Studierenden werden zur Ergänzung mit Nichtnötigem (*Cäsar, Ovid*) beladen, aber was sie täglich brauchen, die richtige Anwendung der Deklinationen für Endsilben der Wörter, ist in dem Ergänzungsunterricht unzureichend vertreten und die Lehre der griechischen Buchstaben und pathologischen Stammwörter fehlt gänzlich, obgleich die Pathologie lauter griechische Termini hat.

Eine große zusammenfassende Abhandlung handelt über die *Ursachen der Bestimmung der Hauptrichtungen des Embryo im Froschei* (Anatom. Anz. 1903). Diese zeigt zugleich die Übereinstimmung der experimentellen Ergebnisse an undurchsichtigen Eiern und den deskriptiven Beobachtungsergebnissen an kleinen durchsichtigen Eiern Wirbelloser, was von den deskriptiven Forschern bisher unbeobachtet geblieben ist. In dieser Abhandlung wird auch wiederholt auf den fundamentalen kausalen *Unterschied von typisch* und *normal* hingewiesen.

Ferner die erste „fast populäre" Schrift von *Roux:* Die Entwickelungsmechanik, ein neuer Zweig der biologischen Wissenschaft, 1900 (leider vergriffen).

Über das *Wesen des Lebens* und seine angebliche bzw. mögliche *künstliche Erzeugung „durch sukzessive Züchtung"* handeln zwei Erörterungen (Die Umschau 1906 und Die Kultur der Gegenwart, Allgemeine Biologie, 1915; auch Arch. f. Entw.-Mech. Bd. *24*).

Über *Zurückweisung der Psychomorphologie und Entelechie* schrieb er im Archiv f. Entw.-Mech. Bd. *24, 25* und in der als drittletzte zu erwähnenden Schrift des Jahres 1918.

Die von ihm schon 1884 entdeckte Methode der *Selbstkopulation von Tropfen* (1894, Gesam. Abhandl. II, S. 35) wurde 1908 sehr vervollständigt

und ausführlich publiziert (Zeitschrift f. biolog. Technik von Gildemeister Bd. *I*). Es folgten 1911 und 1912 zwei ausgiebige Berichtigungen von Einwendungen gegen die funktionelle Anpassung in Virchows Archiv (Bd. *206* und *209*).

Dann behandelte er *die vier kausalen Hauptperioden der Ontogenese* sowie *das doppelte Bestimmtsein der organischen Gestaltungen* (Mitteilg. der Naturforschenden Gesellsch. in Halle a. S. Bd. *I*, 1911).

Im selben Jahre erschien die bedeutsame Schrift: Über die bei der *Vererbung blastogener und somatogener Eigenschaften* anzunehmenden Vorgänge (2. Auflage 1913, Leipzig, als Nr. 19 der von *Roux* herausgegebenen Vorträge und Aufsätze über Entwickelungsmechanik). Diese Schrift enthält auch eine wichtige neue Hypothese, welcher wohl noch eine große Bedeutung in der Vererbungslehre zukommen wird: die Erklärung der Parallelinduktion durch das (schon 1881 von *Roux* zur Erklärung der Regeneration) in den Somazellen angenommene Keimplasma, welches durch äußere Einwirkungen in gleicher Weise wie das generative Keimplasma der Keimdrüsen verändert wird und dann auf identische Weise wie letzteres im neuen Lebewesen die Gestaltung des bereits entwickelten, aber noch umbildungsfähigen Soma beeinflußt. Diese Art des Geschehens nennt *Roux bigermplasmatische Parallelinduktion.*

Ferner 1913 die *Terminologie der Entwickelungsmechanik,* die von *Roux* herausgegeben und zum größten Teil von ihm, zum kleineren Teil von *Correns, Fischel* und *Küster* verfaßt ist. Sie erklärt an 1000 Termini unter Hinweis auf die Literatur und ist ein sehr wichtiges, aber noch wenig benutztes Hilfsmittel. Im selben Jahre eine Streitschrift: *Über kausale und konditionale Weltauffassung* (Leipzig 1913) und außerdem das Gutachten über Errichtung eines *Forschungsinstituts für Entwickelungsmechanik,* das für die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften erstattet wurde, und auf Grund dessen die große entwickelungsmechanische Abteilung des Instituts für Biologie in Dahlem errichtet wurde. Hier wirkte zuerst *Spemann,* nachdem *Boveri* vorzeitig gestorben war.

Im Jahre 1914: Die *Selbstregulation,* ein charakteristisches und nicht notwendig vitalistisches Vermögen aller Lebewesen (Leopoldina, Nova acta Bd. *100*).

Aus dem Jahre 1916 sei der kleine, aber anziehende Artikel: Entwickelungsmechanik (in: Das Land Goethes, ein vaterländisches Gedenkbuch, Stuttgart) erwähnt.

Und aus jüngster Zeit (1918) die Untersuchung: Hat die *Betriebsseele* das Vermögen zu direkten Gestaltungswirkungen? *Gibt es eine besondere Gestaltungsseele?* (Archiv f. Psychiatrie u. Nervenkrankheiten Bd. *59*; Festschrift für Prof. G. Anton, 1918). Und ferner: *Immunisierung durch Teilauslese gegen Vergiftung und verminderte Ernährung* (Zeitschrift f. Hyg. u. Infektionskrankh. Bd. *87*).

Zuletzt 1920: Bemerkungen zur *Analyse des Reizgeschehens* und der *funktionellen Anpassung* sowie zum Anteil dieser Anpassung an der Entwickelung des Reiches der Lebewesen (Arch. f. Entw.-Mech. Bd. *46*). Hier werden alle im Laufe der Zeit gegen die bezüglichen Lehren *Roux'* erhobenen Einwendungen, wie er sagt, noch vor dem Ende seines Lebens, außer den schon 1911 und 1912 erledigten, erörtert und widerlegt.

Manche von *Roux* ermittelten Tatsachen und manche seiner Gedanken werden zurzeit noch nicht gewürdigt. Es bleibt der Zukunft noch ein erheblicher Teil zur Verwertung übrig. Auch für die ärztliche Praxis wird sich der Gewinn vermehren. Bis jetzt sind nur die funktionelle Anpassung und die kausalen Perioden, erstere aber ausgiebig, in Chirurgie und Orthopädie verwertet.

Auch eine ganze Anzahl von experimentellen Methoden verdanken wir *Roux* (Gesammelte Abhdl. II, S. 1061).

Roux ist Mitglied und Ehrenmitglied vieler gelehrter Gesellschaften. Von besonderer Bedeutung ist wohl die unmittelbar vor der amerikanischen Kriegserklärung an Deutschland erfolgte Ernennung zum Ehrenmitglied der American Society of naturalists, der großen Vereinigung von Naturforschern in den Vereinigten Staaten. Sie beweist, daß die von *W. Roux* begründete kausalanalytische Forschungsmethode in diesem Lande große Anerkennung gefunden hat.

W. Roux ist zeitlebens eine Kampfnatur gewesen, die mit zäher Energie das als richtig erkannte Ziel allen Angriffen gegenüber festhielt und mit Erfolg verteidigte. Das Wort des Heraklit „*Πόλεμος πατὴρ πάντων*", welches er der grundlegenden Abhandlung über den züchtenden Kampf der Teile im Organismus an die Stirn schrieb, kann auch als Charakteristikum für sein Leben und seine Arbeit gelten, und sein festes Vertrauen, daß seine Bestrebungen trotz aller Anfechtungen zur Anerkennung gelangen würden, hat ihn nicht getäuscht. Ein Ehrenplatz in der Geschichte der Biologie ist ihm gesichert. Möge ihm seine kräftige Natur noch manches Arbeitsjahr gewähren!

Wilhelm Roux und die Anatomie.

Von H. Braus, Heidelberg.

Als *Wilhelm Roux* vor siebzig Jahren geboren wurde, war neben dem alternden *Johannes Müller* der hoffnungsvollste und gefeiertste Anatom jener Zeit *Henle* in Heidelberg. Von ihm gehen wir am besten aus, um einen Einblick in die Vorbedingungen von *Roux'* Schaffen zu gewinnen.

Denn der junge *Henle* ist der beste Repräsentant für die fortschrittliche Strömung in der damaligen Anatomie. Er stammte aus der Schule von *Johannes Müller,* dem großen Anatomen und Physiologen, dem er von der gemeinsam im Rheinland verlebten Jugend her persönlich nahe stand; in dessen Sinn schrieb er seine vergleichend anatomischen Abhandlungen, während er in Berlin *Müllers* Prosektor war. Von Zürich her, wo er als junger Ordinarius seinen Mannesfrühling erlebte, wo er in großzügiger Fortführung der in Berlin bereits unternommenen Untersuchungen über die Zellen und Gewebe seine „Allgemeine Anatomie" herausgab, die sich den Fortschritt der Zellenlehre von *Schleiden* und *Schwann* zu eigen machte, und wo er mit dem geistreichen Kliniker *Pfeufer* seine Tätigkeit auf dem Gebiet der „rationellen" Medizin begann, auch in Anknüpfung an frühere berliner „pathologische Untersuchungen" — von Zürich her war *Henle* im Jahre 1844 nach Heidelberg berufen worden, um als zweiter Ordinarius der Anatomie und Physiologie neben *Tiedemann* zu lehren. Die Trennung der bis dahin stets vereinigten Fächer war in Heidelberg zunächst vorübergehend; denn nach *Tiedemanns* Tode vereinigten *Henle* und dessen Nachfolger *Arnold* wieder beide in einer Person; allerdings mußten, wie auch schon früher, jüngere Dozenten Teile des Lehrstoffes übernehmen, immer aber unter Kontrolle des einen ordentlichen „Vertreters" des Gesamtfaches. Die Trennung, welche anderenorts dauernd und später allgemein durchgeführt wurde, war von mitbestimmendem Einfluß auf die Richtung, welche die anatomische Wissenschaft nahm; sie wird uns noch beschäftigen. *Henle* unternahm in seiner „rationellen Medizin" den Versuch, die Klinik aus dem Strudel einer rein pragmatischen Arzneiverordnung methodisch herauszuführen und andrerseits die Charybdis der damals geltenden Hegelschen philosophischen Einstellungen zu vermeiden. Die medizinischen Größen jener Zeit waren in der Philosophie genügend zu Hause, um dem Philosophen vom Fach auf seinem eigensten Gebiete gewachsen zu sein. *Henle* verteidigt die Geistigkeit der philosophischen Behandlung gegenüber der rohen Empirie der Ärzte, die mit erprobten Rezepten und klugen Behandlungsvorschriften auszukommen meinten, er widersetzt sich aber mit der gleichen Schärfe der Anmaßung der Philosophen, das Naturgegebene aus dem Geistesgesetz anstatt aus der Beobachtung zu definieren. So setzte *Henle* die Medizin in ihre naturwissenschaftlichen Rechte ein. Beobachtung und Experiment sollen ihre maßgebenden Hilfsmittel sein. Der Hebel zu der für damalige Verhältnisse grundstürzenden Umwälzung war ihm vor allem das, was am Körperbau des Menschen zu zeigen ist, eben die Anatomie. Ihre universelle Bedeutung kam der damaligen Zeit durch seine Schriften und hinreißende Rede so zum Bewußtsein, daß kein geringerer als *Gottfried Keller* in seinem „Grünen Heinrich" (Bd. *IV,* S. 13) *Henles* Kolleg, das in Heidelberg die Sensation des Tages war und ganz allgemein, auch von dem jungen *Keller,* besucht wurde, mit der dem Dichter eigenen liebevollen Versenkung in alle Einzelheiten geschildert hat (der Schauplatz ist mit künstlerischer Freiheit nach München verlegt). Es wird wohl selten vorgekommen sein, daß eine fremde Universität einem vorübergehenden Gast einen Fackelzug bringt, wie die Hallenser Studentenschaft tat, als sie von der Anwesenheit des gefeierten Anatomen in ihrer Stadt erfuhr. Man lese nach, wie *Kussmaul* in seinen bekannten „Jugenderinnerungen eines alten Arztes" *Henles* Einfluß wertete, um ganz zu erfassen, was jene Zeit und die Anatomie speziell jenem seltenen Mann verdankt.

Und doch ist die geistige Entwicklung zunächst ganz andere Wege gegangen. Ein großer Umweg führte erst wieder zu jenem Punkt zurück, an welchem die Wissenschaft vor 70 Jahren angelangt war. Der Umweg ist in meinen Augen äußerst fruchtbringend, kein Verlust für die Wissenschaft gewesen. Repräsentant für ihn ist *Carl Gegenbaur,* der große vergleichende Morphologe. Erneut die physiologischen Gesichtspunkte wieder unserer Wissenschaft zunutze gemacht und damit an die Traditionen der Zeit *vor* der Trennung beider Wissenschaften und an die Schule von *Johannes Müller* im allgemeinsten Sinne angeknüpft, vor allem selbst neue originelle Wege der Forschung gefunden und für andere gebahnt zu haben, ist in erster Linie das Verdienst von *Wilhelm Roux,* dem Begründer der „Entwicklungsmechanik". In diesen Zusammenhang möchte ich ihn hineinstellen und dadurch schildern, wie die neuzeitliche Anatomie durch ihn beeinflußt ist. Alle Triebfedern des Entwicklungsganges unserer Wissenschaft aufzuzeigen und sie im Zusammenhang der Gesamtgeschichte der Naturwissenschaften und Medizin zu schildern, dürfte heute noch zu früh sein und ist hier nicht am Platze. Wenn auch erst eine spätere Zeit ein objektives Urteil wird fällen können, so darf ich für mich in Anspruch nehmen, daß ich vieles selbst in nächster Nähe miterlebt habe. Um das zu belegen, sei mir gestattet, einige persönliche Daten vorauszuschicken.

In meiner Jugend ganz unter dem Eindrucke aufgewachsen, den *Johannes Müller* auf seine Schüler ausübte und den mein Vater, der begeistert zu seinen Füßen gesessen hatte[1]), in seinem Tun und Reden dem empfänglichen Geiste des jungen Naturwissenschaftlers widerspiegelte, kam ich nach Jena, als dort der älteste Schüler *Carl Gegenbaurs, Max Fürbringer,* als Anatom und *W. Biedermann* als Physiolog zu lehren begannen. *Fürbringers* Eigenart als vergleichender Morpholog ist in ge-

[1]) *Otto Braus:* Akademische Erinnerungen eines alten Arztes an Berlins klinische Größen. Leipzig 1901. S. 17.

wisser Weise eine höchste Erfüllung des von *Gegenbaur*, dem Meister, zuerst eingeschlagenen und vorgezeichneten Weges. Rückblickend glaube ich, daß niemand besser die eigentliche Schulung in dieser Forschungsrichtung vermitteln konnte, und ich preise mein Geschick, das mich damals nach Jena führte. In 10 Jahren einer engen Zugehörigkeit als zunächst empfangender, dann mitschaffender Schüler des jüngst Verstorbenen, lernte ich auch *Gegenbaur* selbst und seine damaligen Heidelberger Mitarbeiter bei eigenen Untersuchungen im dortigen Institut näher kennen, um dann später ganz nach Heidelberg überzusiedeln. In der Zwischenzeit war ich in Würzburg Prosektor bei *v. Kölliker*, dem Schüler und Freund *Henles*, und hatte von dort als letzter in der großen Reihe von Mitarbeitern des berühmten Mikroskopikers noch den frischen Eindruck seiner eminenten Beobachtungsgabe und wissenschaftlichen Gründlichkeit nebst einem Schulsack voll wertvollster Kenntnisse mitgenommen. Zugleich war die Würzburger Zeit durch die reichen Anregungen des freundschaftlichen Verkehrs mit *Th. Boveri* und *H. Spemann* für die methodische Anwendung des Experimentes auf morphologische Fragen für mich äußerst fruchtbar; denn ich hatte bereits unter dem Einfluß von *Biedermann* in Jena versucht, das Experiment für Probleme der vergleichenden Anatomie und Histologie zu verwerten und war durch ihn auf die Arbeiten von *W. Roux* früh hingewiesen worden. So habe ich, was wohl keinem anderen Anatomen vergönnt war, die morphologische, die deskriptiv-mikroskopische und die experimentell-embryologische Schulung aus erster Hand genossen, und ich glaube, ihre Mittel zu kennen. Daraufhin wage ich der Aufforderung des Herrn Herausgebers nachzukommen und die neuere Geschichte der Anatomie im Hinblick auf die Stellung von *Wilhelm Roux* in ihr zu skizzieren, so wie ich sie sehe.

Es war die Meinung vieler, daß *Henle*, als er 1852 nach Göttingen ging und sich dort ganz einer erneuten Durchforschung der Anatomie des Menschen zuwendete, in seinem berühmten Lehrbuch ein endgültiges Werk schuf. Es sollte darin mit den vollendeten technischen Mitteln der Neuzeit alles gesammelt und mit den Mitteln der *Systematik* geordnet sein, was über den Bau unseres Leibes zu sagen ist. Aber man kann mit größerem Recht sagen, daß wir heute wieder von neuem beginnen, daß jetzt erst der Augenblick gekommen ist, die Anatomie des Menschen wirklich *biologisch* aufzubauen. Die Bausteine dazu liefert nicht die deskriptive Systematik des späten *Henle*, sondern die Morphologie im Sinne *Gegenbaurs* und die Entwicklungsmechanik im Sinne *Roux'*. So vollzieht sich abermals in unseren Augen der Werdegang, den die Weltgeschichte nicht selten gesehen hat, daß die anfangs verkannten und geschmähten Richtungen den eigentlichen Fortschritt bedeuten, daß dagegen die in der öffentlichen Meinung als die beste abgestempelte und in den Äußerlichkeiten des Lebens erfolgreichste Richtung versagt. Liest man bei *Merkel*, dem Historiographen *Henles*, nach, so werden wohl die vergleichend-anatomischen Arbeiten *Henles* gerühmt, aber der Name *Gegenbaurs* wird nicht einmal genannt. Und doch ging das Erbe der vergleichenden Anatomie von *Johannes Müller* auf *Carl Gegenbaur* über. Es ist notwendig, zuerst diesem Weg nachzugehen, um zu verstehen, wie die Morphologie sich von der Physiologie abwandte und wie sich die deskriptiv orientierte Forschung ohnmächtig erwies, den nötigen Ausgleich herzustellen. Dann erst wird das Verdienst der Entwicklungsmechanik, welcher *Gustav Wolff* den charakteristischen Namen Entwicklungs„physiologie" beigelegt hat, ganz deutlich werden.

Häckel und *Gegenbaur* sind bekanntlich diejenigen gewesen, welche den uralten Gedanken der Entwickelung in der von *Darwin* neu belebten Fassung als konkret-historische, genealogische „Abstammungslehre" der Organismen nachzuweisen unternahmen. Bis dahin gab es genug idealistische Versuche, gewisse wiederkehrende Typen in der Entwickelung aufzuzeigen. Aber daraus, daß selbst ein *C. E. v. Baer* keinen Anstand daran nahm, die Rückenmarksganglien der Wirbeltiere von den Bauchganglien der Gliedertiere, gewisse sympathische Ganglien dagegen von vegetativen Nervenknoten der Mollusken abzuleiten, ist klar zu ersehen, daß an eine Abstammung durch Blutsverwandtschaft nicht gedacht wurde. Im Sinne *Häckels* und *Gegenbaurs* würde eine solche Ableitung bedeuten, daß einst das erste Wirbeltier durch geschlechtliche Vereinigung eines insekten- und eines schneckenartigen Tieres entstanden sei, ein Widersinn, den jene Ontologen nicht gemeint haben können (*Spemann*, Kultur der Gegenwart III. Teil 4.[1], S. 68). Ich sehe hier ganz davon ab, wie etwa *Goethe*, von dem der Name Morphologie stammt, zum eigentlichen Deszendenzgedanken stand. Genug, *Kant*, der ihn begrifflich klar vorausschaute, sprach von dem Versuch, seinen Entwurf einer Deszendenztheorie auszuführen und in der Wirklichkeit nachzuweisen, als einem „Abenteuer der Vernunft". Bei allem Streit über Darwinismus und Selektion, der uns heute bewegt, sind doch darüber die meisten Naturforscher einig, daß dieses Abenteuer zu einem Gelingen geführt hat. Denn wir sehen heute in irgend einer Art in den Organismen historische Wesen[1]).

Die überzeugende Kraft der Beweisführung wird man am ehesten in *Gegenbaurs* „Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere" finden, von denen *Fürbringer* das erste Heft aus dem Jahre 1864 „Über den Carpus und Tarsus" als das wahre Kabinettstück vergleichend-anatomischer Forschung zu bezeichnen liebte. Diese Arbeiten sind für *Gegenbaur* selbst

[1]) Siehe die Rektoratsrede von *Th. Boveri*, welche diesen Titel führt. (Würzburg, 1906.)

der Prüfstein gewesen, an welchem er seine Ideen auf ihren Wirklichkeitswert erprobte, und welche in seiner Schule als Vorbild der richtigen Methode der vergleichenden Forschung weitergegeben wurden. Es wird darin bewußt davon abgesehen, nach Art früherer Untersucher, irgendein beliebiges Objekt mit dem Menschen, dessen Organisation zu erklären, das eigentliche Ziel ist, zu vergleichen, weil es hier oder dort Ähnlichkeiten mit ihm zeigt, sondern sämtliche Wirbeltiere passieren Revue. Dabei ergibt sich, daß eine regelmäßige Stufenleiter von Ähnlichkeiten besteht; bei den Organismen, deren Körperbau im allgemeinen einfacher ist, verharrt meistens auch das einzelne (z. B. der Carpus oder Tarsus) auf einer niederen Stufe, bei den Säugetieren und dem Menschen jedoch steigt es, entsprechend deren hochentwickeltem Gesamtbau zu einer weit höheren Ausgestaltung auf. Was *Gegenbaur* hier für das Skelet zeigte, hat später *M. Fürbringer* für die wichtigsten Weichteile (Muskeln und Nerven) mit einer vollendeten Beherrschung des gesamten systematischen Materiales und der feinsten Zergliederungsmethode ausgebaut. Wir können deshalb heute voll übersehen, was die Methode leistet. Mag man von den „Stammbäumen", welche meistens viel zu voreilig aufgezeichnet wurden, wenig oder gar nichts halten, die morphologische Stellung der Typen zum System und die Organisationsbeziehung eines Typus im einzelnen zum Ganzen erkannt und in seiner Planmäßigkeit bewiesen zu haben, bleibt ein außerordentlicher Gewinn, ein Fundament, auf welchem noch Generationen weiter bauen werden. Man wird, um im Beispiel *C. E. v. Baers* zu reden, leugnen können, daß der Typus Wirbeltier zuerst durch geschlechtliche Vereinigung geeigneter Vorfahren entstanden sei, sondern wird zur Erklärung auf die alte Typenlehre zurückgreifen und an Parallelentwickelung glauben können. Das ist alles heute mehr als je in Fluß gekommen und steht der Diskussion mit neuen Mitteln offen. Aber *nach Gegenbaur* wird man nicht mehr Stücke des Nervensystems aus zwei heterogenen Organisationstypen herausnehmen und beide in einem neuen Typ vereinigt denken können, wie das Federkleid des Stieglitzes, das nach der Sage aus Farbflecken dieses und jenes Vogeltypus zusammengeflickt sein soll. „Die vergleichende Anatomie hilft leicht und sicher über jene Schwierigkeiten hinweg, welche aus der planlosen Vergleichung beliebiger, einander bloß ähnlicher Verhältnisse der Organisation hervorgehen" (*Gegenbaurs* „Untersuchungen usw." 1864, S. 118).

Solche Erfolge wurden durch einen Verzicht erkauft, der zum Teil innerer, zum Teil äußerer Natur war. Innerer Natur deshalb, weil bei dem Suchen nach dem zugrunde liegenden Grundtypus, der Urform, alles abgestreift werden mußte, was bei der einzelnen Spezies und dem einzelnen Individuum durch den augenblicklichen Gebrauch in der Umwelt, in welcher sich das Leben jeweils abzuspielen hatte, hinzugekommen war. So bildete sich eine Abneigung gegen die eigentliche biologische Beziehung zum Jetzt heraus. Der Blick war in die Vergangenheit gerichtet, wie derselbe *Kant* prophezeit hatte, als er den zukünftigen Deszendenztheoretiker als den „Archäologen der Natur" bezeichnete. Ich entsinne mich, daß wir jungen Morphologen in Jena anläßlich der Arbeiten *Biedermanns* über den Atemmechanismus zwar über den Schultergürtel der Schildkröten genau anzugeben wußten, wie jedes Teilchen auf die Schultergürtel anderer Reptilien und Wirbeltiere überhaupt zu beziehen sei, daß uns aber die naheliegende Frage ganz unerwartet kam, inwiefern denn diese Tiere ihren Schultergürtel zum Atmen nötig hätten, da sie doch ihren Panzer dazu nicht gebrauchen können! Darin läßt uns eben *Gegenbaur* im Stich, der in seiner großen Monographie über den Schultergürtel der Wirbeltiere (1865) diesen Skeletkomplex bei Schildkröten eingehend analysiert, aber kein Wort über den Gebrauch sagt. Man braucht heute nicht mehr mit *Henle* die Frage nach der Nützlichkeit zu verspotten, der die Meinung, die Schildkröte habe einen Panzer, um sich zu schützen, mit der Gegenfrage beantwortete, warum denn dem Menschen kein Panzer gewachsen sei? Die damalige Zeit befand sich in Frontstellung gegen die Naturphilosophie *Hegels* und ging der Frage nach der Zweckmäßigkeit möglichst aus dem Wege. Bei *Gegenbaur* kam hinzu die Arbeitsökonomie, welche ihn dazu trieb, möglichst vom Gebrauch der Teile abzusehen. Wenn bei den Vögeln die vordere Extremität zum Fliegen, die hintere zum Laufen ausgebildet ist, so entfernen sie sich durch so verschiedenartige Verwendung nach entgegengesetzter Richtung vom gemeinsamen Grundtypus beider Extremitäten; es ist also viel leichter, die Grundform dort aufzudecken, wo die Verwendung keine so divergenten Entwickelungen erzeugt, sondern den ehemaligen Typus möglichst gleichförmig erhalten hat. Die reine Ahnenform als das Glied in der Kette sich aneinander reihender Typen läßt sich in der Tat suchen, ohne daß die Frage nach dem Grund der Veränderungen gestellt zu werden braucht. Der Blick braucht nur auf die Kennzeichen der Veränderungen und ihres Grades gerichtet zu werden. Es finden sich freilich neben solchen Einseitigkeiten zahlreiche Abweichungen in *Gegenbaurs* Arbeiten, besonders in den Lehrbüchern, bei denen die Basis möglichst breit genommen werden mußte; aber es ließen sich viele Stellen anführen, in welchen er ausdrücklich vor der physiologischen Betrachtungsweise warnt. Einer seiner Schüler hat sogar neuerdings über Zweckmäßigkeitsgründe rundweg erklärt: „Solche physiologische Analogien haben bei der morphologischen Beurteilung anatomischer Verhältnisse keinen Wert[1])".

[1]) *Friedrich Maurer:* Die Beurteilung des biologischen Naturgeschehens und die Bedeutung der vergleichenden Morphologie. Jena 1917. (Rektoratsrede) S. 21.

Äußerer Natur war an sich die Trennung von Anatomie und Physiologie im Unterricht und in der Organisation der Institute, welche aus Gründen der Überlastung des einen Ordinarius, welcher bisher beide Disziplinen vertreten hatte, unumgänglich wurde und in Jena, als *Gegenbaur* dorthin berufen wurde, als einer der ersten Universitäten, an denen dies geschah, dauernd eingerichtet worden ist. Aus dem vorhergehenden ist ersichtlich, daß diese Trennung für *Gegenbaur* eine innere Entlastung bedeutete. Er konnte sich ungehindert den ihm wichtigsten Aufgaben der historischen Betrachtungsweise zuwenden. Merkwürdigerweise war aber dieser äußere Anlaß für die gesamten Anatomen — ganz wenige Ausnahmen abgerechnet — auf Dezennien hinaus das Signal auch in der wissenschaftlichen Forschung das Funktionelle, Physiologische zu verpönen. Man kann immer wieder lesen: „das sei keine Anatomie". Als ob Anatomie nur das sei, was mit dem Sezier- oder Mikrotommesser am toten Objekt ermittelt werden kann! Leider hat diese Wissenschaft ihren Namen von einem ihrer technischen Mittel, dem Zergliedern, erhalten; man könnte glauben, daß hier, wie viele von Personennamen (Vornamen) behaupten, der Name den Charakter bestimmt habe. In Wirklichkeit aber ist Anatomie als Lehre von der Form ein Zweig der Biologie; sie kann nur aus dem wirkenden Leben heraus verstehen, wie die Form unseres Leibes und seiner Teile entsteht und zum harmonischen Ganzen zusammenpaßt. Ein scharfer Strich zwischen der Lehre von den Gestaltungsfaktoren, welche die Form bedingen (Anatomie), und den Betriebsfaktoren, welche den Gebrauch vermitteln (Physiologie), ist wohl möglich. Aber unter die Analyse der Gestaltungsfaktoren rechnet dabei sehr vieles, was weit über das Zergliedern hinausgreift, rechnen die Beobachtung des Lebenden und das analytische Experiment. Liest man *Henles* „rationelle" Medizin und verfolgt man, wie er zur Entwicklung der Naturwissenschaften in seinem Sturm und Drang (in Zürich und Heidelberg) stand, so ist deutlich, daß er das Prinzipielle scharf und richtig erkannte. Er wäre der Mann gewesen, dafür zu sorgen, daß sich die Anatomie, wenn sie sich auch im Unterrichtsplan und im Institutsbereich von der Physiologie sondern mußte, doch in der eigentlichen Forschung nicht ihrer biologischen Grundnatur begab. *Henle* aber wandte sich der deskriptiven Systematik zu, der nützlichen Katalogisierung des Materials. Er, der Fortschrittler, wurde in Göttingen Konservator der nackten tatsächlichen Ermittlungen, abhold nicht nur der modernen historischen Morphologie und Deszendenzlehre, abhold auch den eigenen Göttern, für welche er in der Jugend gekämpft hatte. Es kam verschiedenes hinzu, was ganz allgemein dazu führte, das Tote statt des Lebenden zu bevorzugen. In der Mikroskopie wirkte dahin vor allem die Einbettungstechnik. Man bedurfte einer umständlichen Konservierung, um die Gewebe des Erwachsenen oder die zarten Leiber der Embryonen vor Mißhandlung durch die instrumentelle Behandlung zu schützen. Erst wenn der Paraffinblock das Objekt umschlossen hatte, konnte es geschnitten und in Serien zerlegt werden. Was blieb da für den Beobachter von der Berührung mit dem Leben viel übrig? Die wenigen Anatomen, welche sich mit Erforschung der Gelenk- und Muskelmechanik beschäftigten, konnten nicht verhindern, daß im Unterricht die doch wichtigste Frage nach dem Gebrauch unseres Bewegungsapparates ganz verloren zu gehen drohte. Der Physiologe berücksichtigt sie nicht oder nicht genügend, weil er das menschliche Anschauungsmaterial nicht hat; der Anatom aber, dem alle Mittel zur Verfügung stehen, verzichtet, „weil das nicht Anatomie sei". Lediglich da, wo Zoologen und Botaniker im Verein mit Anatomen Probleme der Befruchtung und Keimbildung zu lösen unternahmen, wurden die Mittel des Experiments und der Beobachtung des Lebenden verwertet. Von diesen früheren Prozessen der beginnenden individuellen Entwicklung kam denn auch die Wiedergeburt, welche an den Namen *Roux* geknüpft ist, und welche ihr den viel gebrauchten Namen „experimentelle Embryologie" eingebracht hat. Er war es nicht allein, welcher zum Experiment griff. Ich erinnere an die wichtigen experimentellen Befunde der Gebrüder *Hertwig* über Befruchtung des Seeigels (1887). *Häckel* selbst hatte schon vorher Keimblasen von Siphonophoren mit einer Nadel in Stücke geteilt und beobachtet, daß sich jedes Stück zu einer vollen kleinen Kugel zusammenschloß (1869). Vor allem waren *Pflügers* Experimente am Froschei (1883) zwar im Resultat verfehlt, der Anlage nach ganz zu der speziellen Richtung gehörig, welche *Roux* mit der „Entwicklungsmechanik" beschritt. Er ist der wirkliche Begründer dieses neuen Zweiges der Wissenschaft, weil er zugleich den Weg und das Ziel sah, weil seine Erfolge den weiteren Auf- und Ausbau verbürgten und weil er im „Archiv der Entwicklungsmechanik" den wichtigsten Sammelpunkt der gleichgerichteten Arbeiten schuf. Von der Entwicklungsmechanik aus kamen wieder biologische Gesichtspunkte und biologische Arbeitsmethoden in der Anatomie des Menschen zu Ehren. Wie *Roux* den Weg dazu bereitete, ist von aktueller Bedeutung. Indem wir den Entdecker ehren, schärfen wir für uns selbst den Blick dafür, wo wir selbst anzugreifen haben, um den richtigen Weg einzuhalten.

Roux hat sich hierüber bereits im Jahre 1883[1]) wie folgt geäußert: „Es ist eine gegenwärtig unter den Ärzten verbreitete und nicht selten geäußerte Auffassung, daß *die menschliche Anatomie eine im wesentlichen fertige Wissenschaft*

[1]) Breslauer ärztl. Zeitschrift Nr. 15, S. 164 u. f., abgedruckt Ges. Abhdl. Bd. *II*, S. 21.

sei, welche auch bereits in dem Lehrbuche von *Henle* ihre kodifizierende Darstellung gefunden habe... Die Vertreter dieser sicher nicht von tiefster Einsicht zeugenden Auffassung wird es befremden, wenn ich ihnen entgegen die Behauptung ausspreche: *„Die menschliche Anatomie ist gegenwärtig gerade so weit gefördert,* um ihrem Vertreter zu gestatten, gestützt auf das vorliegende reiche deskriptive Kenntnismaterial dieser am besten gekannten Spezies, von höheren Gesichtspunkten aus *die Untersuchung des Menschen mit Aussicht auf eine reiche Ernte noch einmal von Grund aus beginnen zu können.* Nach annähernder Erschöpfung der deskriptiven Methode, ferner des bisher nur innerhalb eines beschränkten Aussichtskreises verwerteten physiologischen Gesichtspunktes und nach einem Überblick vom vergleichenden Standpunkt aus, sind wir wohl genügend mit Vorkenntnissen ausgerüstet, um mit einiger Aussicht auf Erfolg *nach dem alle anderen überschauenden kausalen Gesichtspunkte emporzustreben.... Die Universalmethode des kausalen Anatomen* wird ebensowenig die Anwendung des Messers wie des Farbstoffes oder des Maßes, sondern einzig die *Geistesanatomie, das analytische, kausale Denken sein...* Zu den im Prinzip bereits am längsten bekannten formbildenden Ursachen gehört die Funktion, die Vollziehung der Funktion. So alt aber hier die Kenntnis der Tatsache im allgemeinen ist, so verhältnismäßig gering ist die Kenntnis der .... *„„gestaltenden Wirkung der Funktion""* oder der funktionellen Anpassung."

Unter „kausal" wird in diesem Zusammenhang die Erforschung der *gesetzmäßigen* Ursachen des Geschehens verstanden. Auch die historische Morphologie sucht Ursachen zu ermitteln. Aber sie sind nicht gesetzlicher, sondern spezifisch historischer Art in dem Sinne *Windelbands* und *Rickerts,* denen wir die kritische Darlegung dieses fundamentalen Unterschiedes der Betrachtungsweise verdanken. Ich habe früher bereits an dem Beispiel der Sprache im Anschluß an *Vossler* klarzulegen versucht[1]), wie das Geschehen als *Schöpfung* in der Folge der Ereignisse im historischen Sinn Ursache ist für die folgenden Stufen der Entwicklung. So ist die erste phylogenetische Entstehung des Wirbeltieres, als es von den nächsten Wirbeltiervorfahren gezeugt wurde, ein einmaliger Akt, der Anfang der engeren Stammesgeschichte des Menschen, an welchen sich weitere Ereignisse von Stufe zu Stufe anreihen, bis der Mensch selbst erschaffen war. Keine einmalige Schöpfung wie im Sagenkreis des alten Babylon, der in die Bibel überging, aber eine Kette *einmaliger* Schöpfungen. Können wir diese rekonstruieren, so sehen wir eine Ereignisreihe vor uns, welche unserem Bedürfnis, die Ursachen unserer Entstehung zu kennen, genau die gleiche Erfüllung bietet, wie dem Sprachforscher, welcher feststellt, daß die Götternamen zuerst Bezeichnungen besonderer Naturereignisse waren und daß von da aus Schritt für Schritt persönliche Attribute hinzuerschaffen wurden. Ganz anders die *gesetzlichen* Ursachen der Sprache, wie die Bedingungen unserer Sprechwerkzeuge und deren Verwendung, welche *überall und immer* gelten, und welchen unsre Psyche gehorchen muß, welche aber nicht ihr unbedingtes, schöpferisches Wirken erklären kann. *Windelband* hat die historische Art von Ursachen *idiographisch,* die gesetzliche Art *nomothetisch* genannt und darin zwei verschiedene Denkformen erkannt, die uns eingeboren sind. Man kann die eine nicht für besser oder höher stehend halten als die andere. Doch pflegen die Forscher verschieden stark nach der einen oder anderen Seite veranlagt zu sein. Auch die „Ahnengalerie" des Morphologen hat ihren tiefen ursächlichen Wert für die Beurteilung des Seins und Werdens der Kreatur. Es ist das hohe Verdienst von *Roux,* diese Ziele der Forschung anerkannt zu haben, obgleich von der historischen Seite anfangs leider kein Verständnis für seine Forschungsrichtung gezeigt wurde. *Roux* selbst wendete sich seinen Neigungen entsprechend dem Erforschen der gesetzlichen Ursachen zu. „Die gestaltende Wirkung der Funktion", welche er in dem oben wiedergegebenen Zitate als die am längsten bekannte Ursache bezeichnet und an welche er selbst mit seinen Spezialforschungen anknüpfte, ist typisch nomothetischer Art: alle Lebewesen reagieren gesetzmäßig auf die Funktion. Unsere Muskeln werden gestählt durch den Gebrauch, d. h. sie werden dicker und kräftiger, zum Unterschied von der Maschine, die durch den Gebrauch abgenutzt wird. Reagiert ein Mensch auf den Gebrauch seiner Arme durch Abnahme seiner Körperkräfte, so bezeichnen wir das als „abnorm", ein Hinweis für den Arzt auf eine vielleicht noch versteckte Krankheit zehrender Art, eine bösartige Geschwulst, die sich bald in zunehmendem Kräfteverfall (Kachexie) auch in der Ruhe kundgeben wird. Die aufbauende Wirkung der Funktion wird also überkompensiert durch die abbauende des Tumors, das notwendige Wirken der ersteren ist nicht widerlegt. Im Gegenteil durch vorsichtigen Gebrauch der Glieder kann der Verfall bei kachektischen Kranken hinausgeschoben werden.

Ich kann hier nur mit wenigen Strichen den Entwicklungsgang zeichnen, welchen *Roux* selbst in seinen Arbeiten genommen hat. Um an das von dem Dickenwachstum der *Muskeln* Gesagte, längst allgemein Bekannte anzuknüpfen — auch der Lamarckismus hat davon seinen Ausgang genommen —, so wäre zuerst der exakte Nachweis zu nennen, daß die Muskel*länge* funktionell auf das Milieu einreguliert wird. *Roux* benutzte dazu zahlreiche Messungen an Muskelfasern normaler Muskeln, welche eine annähernde Wahrscheinlichkeit dafür ergaben, daß die Faserlänge nach

[1]) *H. Braus:* Die Morphologie als historische Wissenschaft. Vorwort zu „Experimentelle Beiträge zur Morphologie". Leipzig 1906, S. 18.

dem Gebrauch bestimmt ist. Wirkliche Beweise fand er beim Ausmessen von Muskelvarietäten des Menschen, bei welchen immer die Muskellänge gerade so groß war, wie es die Beweglichkeit der ungewöhnlichen Anheftungspunkte gegeneinander verlangte; ferner fand er bei Gelenken mit sehr verschiedener Ausschlagsgröße, z. B. bei der Pro- und Supination im Unterarm, daß die Faserlängen der beteiligten Muskeln (am besten des Pronator quadratus) genau dem jeweiligen Betrag der Beweglichkeit des Gelenkes entsprechen; schließlich konnte er bei abnormen Änderungen der Skeletform, z. B. der kyphotischen Veränderung der Wirbelsäule im höheren Alter, einen unmittelbaren Ersatz überschüssiger Teile der langen Rückenstrecker, deren Ausschlag durch die veränderte Skeletform verkleinert ist, durch Sehnengewebe mikroskopisch feststellen. Indem er wahrscheinlich machte, daß die einzelnen Elementarteile der Muskelfibrillen (Fleischprismen) an Zahl je nach dem Gebrauch des Muskels zu- oder abnehmen, stellt er fest, daß wesentlich diejenigen Elemente betroffen werden, welche sich am ehesten ihrer Lage nach zu einer stärkeren Benutzung eignen und daher den funktionellen Reiz den andern gleichsam abfangen. So kam er zu genauen Vorstellungen der Regulation des Muskelwachstums durch die funktionelle Beanspruchung, welche präzise und der weiteren Prüfung zugängliche Leitsätze über das Verhältnis der Muskeldicke und Muskellänge an die Stelle der früheren, nur im allgemeinen richtigen, in vielem Speziellen aber unrichtigen Vorstellungen über das Muskelwachstum setzten.

Die von *H. v. Meyer* im Verein mit *Culman* begonnene Ermittlung der Architektur des *Knochens* wurde von *J. Wolff* u. a. als ein besonders klarer Fall von funktioneller Anpassung entdeckt. *Roux* hat für die hier waltenden Gesetze das Prinzip der Minimummaximumkonstruktion klargelegt, welches aussagt, daß nur *eine* bestimmte Form möglich sei, nämlich diejenige, bei welcher die höchste Leistung mit dem geringsten Maß an Material zustande komme. Sie ist mathematisch berechenbar. Die Strukturen des Knochens sind in die ihnen im Organismus zufallenden Aufgaben sozusagen „hineingerechnet", wie der Konstrukteur der Wunderbauten moderner eiserner Brücken oder Türme das Material nur dort verwendet, wo die Tragfähigkeit es fordert, es überall sonst wegläßt und dabei an Belastung spart. Solche an den Eiffelturm oder die Versteifungen der Tragflächen von Flugzeugen erinnernden, gespinstartigen Verteilungen der stützenden Substanzen wies er in einer die knöchernen Versteifungen noch übertreffenden Schönheit und Reinheit der Form in der Schwanzflosse des Delphins nach.

Endlich die von ihm bereits mit der Doktorarbeit in Jena (1878) behandelte Gestaltung der Blutgefäßlichtungen, welche als Anpassung der lebendigen Wandung an die hämodynamischen Kräfte des Blutstrahles nachgewiesen wurde, ist sein eigenstes Gebiet, dessen Erforschung auf Grund der vorhandenen, aber noch nicht dazu benutzten vorzüglichen physikalischen Vorarbeiten und Methoden von dem jugendlichen Gelehrten klar gesehen und durch das ganze Leben eifrig im Auge behalten wurde. Hier wurden zahlreiche Kämpfe mit andersmeinenden Forschern ausgefochten. Aber das Prinzipielle ist auch hier richtig gesehen und äußerst anregend für die folgenden Arbeiten gewesen. Auf Beobachtungen über die Bestimmung des Drüsenbaus durch die funktionellen Reize kann ich hier nur hinweisen.

Alle bisher genannten Untersuchungen haben gemeinsam, daß sie die verschiedenartigen Leistungen der am Aufbau des Bewegungsapparates, der Blutgefäße und Drüsen beteiligten Gewebsformen von einer Grundursache ableiten, der Vollziehung der Funktion. Von hier aus ist der moderne Ausbau der *Orthopädie* ausgegangen, welchem *Roux* den bezeichnenden Namen „funktionelle Orthopädie" gegeben hat, einer der segensreichsten Entwicklungen der klinischen Wissenschaften. Früher pflegte man gebrochene Glieder einzugipsen, aber durch die lange Feststellung hochgradige Atrophien durch Nichtgebrauch hervorzurufen. Heute wird das beschädigte Glied möglichst bald in eine Lage gebracht, welche dem normalen Gebrauch so gut, wie es eben geht, angenähert ist. Dann modelt die Funktion von selbst das Abnorme solange, bis es wieder die richtige Form gewonnen hat. Denn der Knochen ist nur seiner physikalischen Beschaffenheit nach hart, ein wirkliches Mineral. Biologisch ist er dagegen weich wie Wachs, denn er gibt allmählich nach unter den Anforderungen seiner Umgebung, besonders unter dem Einfluß richtig befestigter und richtig innervierter Muskeln. Indem diese theoretisch gewonnenen Überzeugungen auf den verletzten Menschen angewendet wurden, gewannen Unzählige, die früher unheilbare Krüppel geworden wären, den Gebrauch ihrer Glieder wieder. Das lehren die Erfolge der Kinderkrüppelheime und die Heilungen oder Besserungen der in Industrie oder Krieg Beschädigten. Eine richtige Verwendung von Ersatzstücken ist ganz wesentlich mit bedingt durch verständnisvolle Verwendung der Grundsätze einer fortschrittlichen „funktionellen Orthopädie".

Das analytische Experiment wurde *vor Roux* auf Fragen der Formgestaltung beim Erwachsenen wohl hin und wieder angewendet, beispielsweise von dem genialen *Ludwig Fick* in Marburg. *Roux* selbst dagegen stützte sich, wie oben geschildert, dabei wesentlich auf Naturexperimente, d. h. auf atypisches Geschehen bei Erkrankungen, Verletzungen oder freien Variationen, dessen Wirkung der Sachlage nach den durch künstliche Experimente gesetzten Veränderungen analog betrachtet werden konnte. Schlagender sind die planmäßigen instrumentellen oder chemischen

Eingriffe selbst, welche der Forscher zur Lösung eines bestimmten Problems anwendet, weil dabei kein Zweifel über die Art und den Ort der gesetzten Veränderung sein kann. Da solche analytischen Experimente hauptsächlich an Eiern und Embryonen angestellt wurden, wird die ganze Arbeitsweise, wie erwähnt, auch als „experimentelle Embryologie" bezeichnet. Wegen der Experimente selbst verweise ich auf den Aufsatz von *H. Spemann* in diesem Heft. Wir wenden uns kurz ihren Ergebnissen zu.

Wir verdanken *Roux* auf Grund seiner Erfahrungen das Schema für eine jede Analyse, welche bis zu den ersten Elementen *allgemeinster* Verhältnisse des gestaltenden Wirkens vorzudringen, also z. B. die Frage zu lösen versucht, ob die ordnende, richtende Wirkung der Schwerkraft beim Ei für dessen Entwicklung überhaupt nötig ist, wie *Pflüger* behauptet hatte, und wenn ja, ob sie etwa zur Bestimmung der Medianebene des Körpers und zur Differenzierung der Medullarplatte dient. *Roux* fand (contra *Pflüger*), daß alle notwendigen Entwicklungsfaktoren *im Ei selbst* liegen, daß von außen nur die Zufuhr von Ausführungsenergien und Baumaterialien nötig ist. Er verlangt in seinem Schema als Vorstufen des eigentlichen analytischen Experiments zunächst eine Ermittlung des *Ortes* der wirkenden Ursachen im Ei, der *Zeit* der äußerlich sichtbaren Bestimmung des Entwicklungsgeschehens („explizite Determination") und der *Qualität* des Wirkens, welches zu dieser Bestimmung und zur wirklichen Ausführung des Bestimmten führt („Determinations- und Realisationsfaktoren"). Das analytische Experiment vermag sodann die wirklichen Ursachen scharf zu erfassen, die typischen von den nicht nötigen (oder „atypischen") und die „Gesetze" des Wirkens von den „Regeln" des Vorkommens zu sondern. Dieses Schema wurde von *Roux* selbst auf die ersten Vorgänge der Entwicklung des ganzen Eies und der einzelnen Zellen bei Amphibien angewendet; es ist dann im Anschluß daran von zahlreichen Untersuchern zur Aufdeckung ursächlicher Entwicklungsbeziehungen bei jüngeren und älteren Keimen der verschiedensten Tiergattungen benutzt worden. *Roux* hat eine übersichtliche Zusammenstellung der einzelnen Befunde in der Ausarbeitung des Vortrages gegeben[1]), mit welchem er die erste allgemeine Sitzung der Breslauer Naturforscherversammlung eröffnete. Man versteht am ehesten, was die dort niedergelegten Fortschritte bedeuten, wenn man sich der Vorstellungen von *W. His* über das Entwicklungsgeschehen im Keim erinnert, welche den nicht immer gerechten Spott der zeitgenössischen Forscher herausforderten und tatsächlich, wenn sie auch prinzipiell in der Richtung der heutigen kausalen Forschungsrichtung lagen, doch den Weg dazu eher sperrten als eröffneten. Denn *His* (und mit ihm viele Embryologen bis auf unsere Tage) sah in dem sich entwickelnden Keim überall da, wo mikroskopisch eine Falte oder Grube sichtbar wird, ohne weiteres den Ort einer Stauchung oder Pressung, welche die Nachbarteile beeinflussen sollte. So gab er z. B. Modelle für die ursächlichen Momente bei der Einfaltung der Medullarplatte zum Medullarrohr oder bei der Einknickung derselben zu der Rautengrube des Gehirns. Das analytische Experiment entlarvte jedoch die Hisschen Scheinursachen; denn eine Medullarplatte, welche aus der Umgebung herausgelöst, also der Wirkung der vermeintlich pressenden und stauchenden Faktoren entzogen ist, durchläuft trotzdem ihre typischen Entwicklungsstufen; sie entwickelt sich aus in ihr selbst liegenden Faktoren, durch *„Selbstdifferenzierung"* (nicht aus von außen an sie herantretenden Faktoren, wie *His* gemeint hatte, „abhängige Differenzierung"). Wir sind heute, nachdem diese Unterscheidung einmal scharf erkannt ist, in den meisten Fällen auch ohne Experiment in der Lage, uns vor so groben Irrtümern zu schützen, wie sie damals unterliefen, weil in der Regel Naturexperimente aufgefunden werden können, in welchen durch das zufällige Ausbleiben der für Stauchungen oder Pressungen nötigen topographischen Konstellation das Nichtnötigsein so grober mechanischer Beziehungen evident wird. Leider wimmelt die deskriptive embryologische Literatur trotzdem immer noch von derartigen Annahmen.

Aber die ursächlich-analytische Forschung wird sich nicht aufhalten lassen. Diese Prophezeiung *Roux'* war, als er sie in Breslau aussprach (1904), außer auf seinen Glauben an die logische Folgerichtigkeit unseres Denkens auch auf die tatsächliche Zustimmung weiter Kreise gestützt, besonders auch auf die Mitarbeit zahlreicher amerikanischer Kollegen. Der Weltkrieg hat uns harte Entsagungen im Forschen auferlegt; aber er hat auch die meisten Anatomen aus dem Seziersaal und Laboratorium in Spitäler mit leidenden Menschen hinausgeführt und sie in engere wissenschaftliche Beziehung zum Leben gebracht als sonst. Besonders die Probleme der Bewegungslehre, die unter dem Einfluß der Entwicklungsmechanik schon vor dem Kriege in grundlegenden und umfänglichen Werken von Anatomen deutscher Zunge (*O. Fischer, R. Fick, H. Strasser*) neu aufgenommen worden waren, sind uns heute ganz anders gegenwärtig als sonst. So möge als schönstes Geschenk unsere junge Generation dem siebzigjährigen Pionier ihre Gefolgschaft weihen, damit die neue Wissenschaft, die auf deutschem Boden im anatomischen Laboratorium geschaffen wurde, dort gedeihe und wachse. Dazu werden die Kräfte aller nötig sein.

[1]) *W. Roux*: Die Entwickelungsmechanik, ein neuer Zweig der biologischen Wissenschaft. Vorträge und Aufsätze über Entwickelungsmechanik der Organismen. Heft I. Leipzig 1905, S. 30 u. ff.

Wilhelm Roux als Experimentator.

Von H. Spemann, Freiburg i. Br.

Am 9. Juni dieses Jahres feiert die deutsche Wissenschaft im engsten Kreise, wie es die Zeit mit sich bringt, den siebzigsten Geburtstag von *Wilhelm Roux*. Ein reiches Denker- und Forscherleben liegt hinter ihm. Was er sich vor 35 Jahren gewünscht hat: „Möge mir im Streben nach dieser und weiterer Erkenntnis ein langes fruchtbringendes Wirken vergönnt sein", ist in vollem Maße in Erfüllung gegangen.

Wilhelm Rouxs Denken, Forschen und Wirken hat sich mit seltener Folgerichtigkeit entwickelt. Nachdem ihm früh die Richtung deutlich geworden war, in welcher eine neue Förderung der biologischen Erkenntnis erhofft werden konnte, hat er in jahrelanger Gedankenarbeit nicht geruht, bis sich ihm von dem großen Rätsel der Entwicklung einzelne faßbare Probleme ablösten. Dann hat er frisch zugegriffen und uns an einigen Beispielen gezeigt, wie solchen Fragen experimentell beizukommen ist. Und als er dann endlich durchdrang, als er Schüler und Arbeitsgenossen fand, hat er diesen durch Gründung seines „Archivs" und sonst durch jede in seiner Macht stehende Förderung die Wege geebnet. So ist er zum Begründer und Organisator einer neuen Forschungsrichtung in der Biologie geworden. *Wilhelm Roux* und die *Entwicklungsmechanik*, diese beiden Namen werden dauernd zusammengehören. Er hat sein Leben an sein Werk gesetzt, das ist das Geheimnis seines Erfolges, das ist seine Größe. Und heute an seinem Ehrentage huldigen wir Jüngeren, gleichgültig welcher Richtung, ihm freudig und dankbar als einem unserer Führer.

Auf die mittlere Periode seines wissenschaftlichen Lebens, die experimentelle, wollen wir einen kurzen Blick werfen. Ihre Ergebnisse liegen klar und übersichtlich vor uns, im II. Band der „Gesammelten Abhandlungen" und in den ersten Bänden des Archivs für Entwicklungsmechanik. Wohl wenige Forscher haben es ihren Lesern so bequem gemacht, mit Inhaltsverzeichnissen und Registern, mit immer erneuten Hinweisen, mit immer schärferer Herausarbeitung der grundlegenden Gedanken. Hier zeigt sich neben der Begabung des Organisators der mächtige Drang, sich und seine Sache durchzusetzen, zu wirken und zu gelten. Den Grundstock dieser experimentellen Arbeiten bilden die berühmten Versuche am Froschei, mitgeteilt in den sieben „Beiträgen zur Entwicklungsmechanik des Embryo".

Von besonderem Interesse für die rückschauende Betrachtung ist gleich der erste dieser Beiträge. In ihm schildert *Roux*, wie er zu seinem Material und zu einer seiner Methoden gekommen ist. Er spießte einmal eine eben ausgeschlüpfte Froschlarve auf eine Insektennadel; als sie das gegen alle Wahrscheinlichkeit aushielt, war der Bund fürs Leben geschlossen. „Die erkannte große Widerstandsfähigkeit junger Froschembryonen ermutigte mich, auch an den *Eiern* dieser Tiere mechanische Eingriffe vorzunehmen. Zunächst hatte ich die Frage vor Augen, *ob das Keimplasma zur Zeit der ersten Furchungen schon entsprechend den späteren Einzelbildungen different beschaffen und bestimmt lokalisiert sei.* Durch Substanzverluste, welche dem Ei in diesen Entwicklungsphasen beigebracht wurden, mußte, sofern der Eingriff überhaupt ertragen wurde, eine gewisse Aufklärung über diesen Punkt zu gewinnen sein. Daher versenkte ich, zum ersten Male im Frühjahre 1882, nicht ohne ein geheimes Bangen, die Spitze der Präpariernadel in das seine Furchung beginnende Ei und betrat damit einen *neuen Weg der Forschung*, welcher uns über manche wichtige Frage Aufklärung verheißt, die auf anderen Wegen vergeblich gesucht worden ist. Ich war mir der Roheit dieses Eingriffes in die geheimnisvolle Werkstätte aller Kräfte des Lebens wohl bewußt ....." In diesen ersten rohen Versuchen liegen die Keime zu allen späteren; hier begegnen wir auch schon den Begriffen der *Selbstdifferenzierung* und *abhängigen Differenzierung*, welche eine so große Rolle in *Rouxs* Arbeiten spielen.

Der letztere Begriff ist ohne weiteres klar, während der erstere mannigfachen Mißverständnissen ausgesetzt gewesen ist. Unter Selbstdifferenzierung versteht *Roux* Differenzierung eines Gebildes durch die in ihm selbst gelegenen determinierenden, d. h. die Qualität des Produkts bestimmenden Faktoren. Es hat daher keinen Sinn, etwa zu sagen: die Entwicklung des Frosches ist Selbstdifferenzierung; denn es ist immer der Bezirk anzugeben, dessen Differenzierung bezüglich ihrer Qualität unabhängig von der Umgebung stattfinden kann. Daß das in diesem Fall das befruchtete *Ei* ist, das folgt aus Versuchen, welche *Roux* im 2. Beitrag (1884) mitgeteilt hat.

Ein Jahr vorher war *E. Pflüger* (1883) in einer Veröffentlichung „Über den Einfluß der Schwerkraft auf die Teilung der Zellen" zu dem entgegengesetzten Ergebnis gekommen. Er hatte Froscheier in Zwangslage schief aufgestellt und gefunden, daß sie in ihrer Entwicklung (Stellung der Furchungsebenen, Lage des Urmunds und der Medullarplatte) ihre normale Orientierung zur Senkrechten beibehalten. Nach seiner Ansicht hätten dabei die einzelnen Teile des Eis eine andere Verwendung zum Aufbau des Keimes gefunden als bei der normalen Entwicklung, wo die Achse des in seinen Hüllen beweglichen Eis sich immer senkrecht einstellt, und dazu wären sie durch die richtende Wirkung der Schwerkraft bestimmt worden, also durch einen

äußeren Faktor, welcher erst Richtung in das Geschehen an dem vorher richtungslosen Ei bringen würde.

Diesem Ergebnisse setzte *Roux* seine Untersuchung „Über die Entwicklung der Froscheier bei Aufhebung der richtenden Wirkung der Schwere" entgegen. Der Schwerkraft konnte er die Eier natürlich nicht entziehen, wohl aber ihrer etwaigen richtenden Wirkung einfach dadurch, daß er sie in beständig wechselnde Richtung zu ihr brachte, wie es die Botaniker bei ihren Versuchen über Tropismen machen. Er ließ die befruchteten Eier auf einem mit den einfachsten Mitteln gebauten Apparat mit geeigneter Geschwindigkeit rotieren und fand, daß sie sich trotzdem normal entwickelten. Daraus zog er den Schluß, daß eine richtende Wirkung der Schwerkraft nicht nötig sei; und ebenso wenig die irgend welcher anderer äußerer Kräfte, die in ähnlicher Weise wie die Schwerkraft richtend wirken könnten.

Die Richtung der Entwicklung ist also schon im Bau des befruchteten Eies gegeben. Dieses hatte sich nach der Aufstellung in Zwangslage bei der Beweglichkeit der verschieden schweren Eisubstanzen so umgeordnet, daß die ursprüngliche Orientierung zur Schwerkraft wieder hergestellt war; dadurch hatte auch die Entwicklung des Eis, deren Richtung nur von seinem Bau abhängt, ihre normalen Beziehungen zur Schwerkraft wiedergewonnen.

Die nächste Frage war nun, ob auch schon im unbefruchteten Ei jene Hauptrichtungen des Embryo gegeben sind. Diese Frage liegt um so näher, als mit dem Eindringen des Spermiums ein Faktor gegeben ist, dem man eine richtende Wirkung wohl zutrauen könnte. In der Tat findet sich beim Froschei die Bahn des Spermiums, kenntlich als dunkel pigmentierter „Spermapfad", bei ganz typischer Entwicklung in einer Ebene, welcher zur ersten Furchungsebene und später zur Medianebene wird, und der Anfang dieser Bahn liegt der Seite gegenüber, wo sich kurz nach der Befruchtung der untere Rand der dunklen Eihälfte aufhellt, um ein halbmondförmiges graues Feld zu bilden, und wo sich später die Einstülpung des Urmunds zeigt. Dieses Zusammentreffen kann kein zufälliges sein, doch entscheidet es unsere Frage nicht, sondern läßt zwei Erklärungsmöglichkeiten offen. Der Eintritt des Spermiums könnte in einem beliebigen Meridian stattfinden; dann wäre die Richtung seiner Bahn die Ursache für die Richtung der ersten Furchungsebene und direkt oder indirekt auch für die Lage der Medianebene. Oder aber könnte das Ei schon vor der Befruchtung bilateral symmetrisch gebaut sein; dann wäre eine vorbestimmte Eintrittsstelle des Spermiums zu fordern. Hier setzte *Rouxs* Experiment ein. Er ließ das Spermium mittels einer ebenso einfachen wie scharfsinnigen Methode in beliebig gewähltem Meridian ins Ei eindringen und fand, daß dadurch die erste Furchungsebene und in der Folge die Medianebene des Embryos bestimmt wird. Wie sich *Roux* den ursächlichen Zusammenhang dachte, kommt im Titel des 4. Beitrags zum Ausdruck: „Die Bestimmung der Medianebene des Froschembryo durch die Kopulationsrichtung des Eikernes und des Spermakernes" (1887). Die letzte Strecke der vom Spermium zurückgelegten Bahn (Kopulationsbahn) würde die Richtung bestimmen, in welcher seine Centrosomen auseinander weichen, die erste Furchungsspindel sich einstellt und die erste Furchungsebene durchschneidet; daß diese dann zur Medianebene wird, also die eine Zelle zur rechten, die andere zur linken Keimhälfte, wäre Folge einer Teilung des Furchungskerns in eine auf „rechts" und eine auf „links" eingestellte Hälfte. Diese letztere Anschauung wird *Roux* wohl selbst aufgegeben haben, nachdem *Brachet* überzeugend nachgewiesen hat, daß wohl die Lage der ersten Furchungsebene durch die Kopulationsbahn bestimmt wird, die Medianebene dagegen durch die Eintrittsstelle des Spermatozoons. Bei ganz typischem Verlauf des Spermapfads liegen seine Teile in *einer* Ebene; dann fällt auch die Medianebene mit der ersten Furchungsebene zusammen. Bei einem seitlichen Abbiegen der Kopulationsbahn dagegen weichen auch Medianebene und erste Furchungsebene um denselben Winkel voneinander ab. — Neuere Experimente über disperme und parthenogenetische Entwicklung der Froscheier, ferner theoretische Überlegungen über die strukturelle Grundlage der bilateralen Asymmetrie (Situs viscerum) führen zu weiteren Fragen und Folgerungen und erhöhen die Bedeutung von *Rouxs* bahnbrechendem Experiment.

Nachdem so durch einen äußeren Faktor, das eindringende Spermium, der bilaterale Bau des Froscheis bestimmt worden ist, hängt, wie wir gesehen haben, seine weitere Entwicklung ihrer Qualität nach lediglich von diesem Bau ab, ist darin unabhängig von der Umgebung, ist Selbstdifferenzierung. Nun warf *Roux* die bedeutsame Frage auf, ob das auch für die einzelnen Teile des Keimes gilt, ob ihre Entwicklung sich in Wechselwirkung oder in gegenseitiger Unabhängigkeit vollzieht. Er suchte diese Frage zunächst für die beiden ersten Furchungszellen zu lösen, dadurch daß er die eine von ihnen durch Anstich mit einer erhitzten Nadel abtötete. Das Ergebnis dieses ebenso einfachen wie folgereichen Versuches waren die berühmten Rouxschen Halbembryonen. War bei ganz typischem Verlauf der ersten Furche etwa die rechte Blastomere durch den Anstich getroffen worden, so entwickelte sich die linke ungestört weiter und wurde zur linken Hälfte einer Blastula, Gastrula, und endlich Neurula, welche wie abgeschnitten an die zunächst noch anhängende unentwickelte tote Masse der rechten Keimhälfte angrenzte. Daraus folgerte *Roux*, daß beide Keimhälften sich vom Zwei-

zellenstadium bis zur Neurula unabhängig voneinander entwickeln können und daher wahrscheinlich auch normalerweise so entwickeln, daß also ihre Entwicklung Selbstdifferenzierung der beiden ersten Blastomeren ist. Entsprechendes schloß *Roux* auch für den Fall, daß die erste Furchungsebene nicht der späteren Medianebene entsprach, sondern einer auf ihr senkrecht stehenden, querfrontalen Ebene; doch liegen hier die Dinge zu verwickelt, um in der Kürze auseinandergesetzt zu werden.

Diese Entdeckung *Rouxs* hat auf Jahre hinaus die Richtung der entwicklungsmechanischen Forschung bestimmt; in den zahllosen Experimenten deutscher und ausländischer Forscher, die sich anschlossen, in den oft heftigen Kontroversen, die sich entspannen, begann der von ihm gegebene Anstoß sich auszuwirken. Abweichende Ergebnisse, wie diejenigen der Schüttelversuche von *Driesch,* und alles, was sich von weiteren Tatsachen und Auffassungen daran anschloß, sorgten dafür, daß die Bewegung nicht ins Stocken kam. Dabei entwickelte sich die Technik rasch zu unerwarteter Höhe. Die Herbstsche Methode des kalkfreien Seewassers ermöglichte es, die Blastomeren leicht und ohne jede Schädigung voneinander zu trennen. Die Bornsche Methode der embryonalen Transplantation und ihre Weiterbildung setzte uns in den Stand, kleinste Teilchen der Keime aus ihrer normalen Umgebung in eine beliebige andere desselben oder eines fremden Keims zu verpflanzen. Nach der wundervollen Methode *Harrisons* endlich lassen sich solche aus ihrem normalen Zusammenhang genommenen Teile in einer Nährsalzlösung tagelang erhalten und zur Weiterentwicklung bringen.

Diese letztere Methode hat einen Vorläufer in einem schon von *Roux* angewandten Verfahren, welches er *Explantation* nannte. Er brachte Furchungszellen zur Beobachtung unter dem Deckglas in Grübchen des Objektträgers in Eiweißlösung und beobachtete dabei direkte Näherungswirkungen und verschiedene Umordnungswirkungen, welche diese Zellen aufeinander ausüben.

Nach all diesen Methoden ließ sich bei den verschiedensten Tierarten eine oft erstaunliche Fähigkeit einzelner Furchungszellen und kleinster Keimbruchstücke zur Selbstdifferenzierung feststellen, und zwar auch dann, wenn diese Teile, anders als bei dem Rouxschen Anstichversuch, völlig voneinander getrennt worden waren. Außerdem aber kamen dabei auch noch ganz andere Erscheinungen zutage. Zuerst, wie schon bemerkt, an den Eiern von Seeigeln zeigte sich, daß die beiden ersten Furchungszellen nach völliger Trennung voneinander keine Halbembryonen lieferten, sondern nach rasch vorübergehender Halbbildung während der Furchung kleine Ganzembryonen, von verringerten Massen, aber normalen Proportionen. *Driesch,* der Entdecker dieser Tatsache, entwickelte aus ihr seinen Begriff des harmonisch-äquipotentiellen Systems, eine der Grundlagen seines Vitalismus; *Roux* brachte sie von Anfang an mit Erscheinungen in Zusammenhang, welche er an seinen Halbembryonen beobachtet und als *Postgeneration* beschrieben hatte.

Es bleiben nämlich auch die Halbembryonen des Frosches nicht dauernd halb, sondern sie ergänzen sich nachträglich, nach *Roux* entweder aus dem Material der anderen Keimhälfte, welche in diesem Fall nicht völlig abgetötet, sondern nur schwer geschädigt worden wäre, oder aber aus solchem Material des halben Embryo selbst, welches nach dessen Abschluß gegen die tote Hälfte an die halben Organanlagen angrenzt. Auch diese Auffassung *Rouxs* ist stark angegriffen worden. Ich bin aber nach eigenen Versuchen überzeugt, daß sie wenigstens in ihrem zweiten Teil das Richtige trifft. Ein Tritonkeim, zu Beginn der Gastrulation median gespalten, entwickelt sich zu zwei auf der Innenseite stark defekten Embryonen, die genau aussehen wie die Rouxschen Halbembryonen mit Postgeneration der fehlenden Seite. Daß die Abtötung der einen Hälfte beim Froschei schon im Zweizellenstadium vorgenommen wurde, ihre Abspaltung beim Tritonei erst zu Beginn der Gastrulation, hebt die Vergleichbarkeit beider Experimente nicht auf. Auch beim Froschei findet die völlige Ablösung der einen Hälfte erst später, lange nach ihrer Abtötung statt, wahrscheinlich gerade zu Beginn der Gastrulation, infolge der dann eintretenden stärkeren Zellverschiebungen; und mit der Ablösung beginnt offenbar die Postgeneration. Tritt die Ablösung früher ein, wird etwa die eine Blastomere gleich ganz entfernt, so entsteht aus der andern auch beim Froschei, gerade wie beim Tritonei, nicht ein halber Embryo mit schwach entwickelter, weil postgenerierter einer Seite, sondern ein kleiner Ganzembryo. Beide Bildungen wären nur graduell verschieden. *Roux* scheint also mit seiner ursprünglichen, vor langen Jahren ausgesprochenen Auffassung nach den neuesten experimentellen Ergebnissen durchaus recht behalten zu sollen.

An diesen Grundstock von untereinander zusammenhängenden Experimenten schließen sich noch andere an, die bisher weniger stark in den Gang der wissenschaftlichen Entwicklung eingegriffen haben. Die im 6. Beitrag mitgeteilten „Über die morphologische Polarisation von Eiern und Embryonen durch den elektrischen Strom" sowie „Über die Wirkung des elektrischen Stromes auf die Richtung der ersten Teilung des Eies" (1891) können noch einmal große Wichtigkeit erlangen. Die besprochenen Experimente genügen aber wohl zum Verständnis und zur Würdigung von *Roux'* Eigenart und Bedeutung als Experimentator.

Man kann vielleicht sagen, daß in einem genialen Experiment die Arbeit des Denkers, des Beobachters und des Erfinders zu einer Einheit

verschmolzen ist, und daß seine Eigenart durch den relativen Anteil bestimmt wird, den diese drei Elemente an ihm haben. Wenn das richtig ist, so scheint mir in *Roux* der Denker stark zu überwiegen. Nicht als ob er kein scharfer Beobachter wäre, oder als ob seine Versuchsanordnungen den Stempel einfacher Zweckmäßigkeit entbehrten; aber das eigentlich Erfinderische tritt in ihnen doch stark zurück gegenüber der gedanklichen Vorbereitung, die zur Fragestellung führt, und der theoretischen Ausarbeitung, die in der Begriffsbildung gipfelt. Und wie für das einzelne Experiment gilt das auch für *Roux'* ganze Forscherlaufbahn. Seine experimentelle Periode ist eine verhältnismäßig kurze Strecke zwischen den vorwiegend theoretischen Bestrebungen, mit denen er anfing, und der organisatorischen Wirksamkeit, in welche er ausmündete. *Roux'* eigentliches Element ist das analytische Denken, „die einzige universelle Methode unserer Forschung", und die Begriffsbildung. Diese beiden, im historischen Moment auf die Erforschung der Entwicklung gerichtet, haben ihn zum Begründer der Entwicklungsmechanik gemacht.

Wilhelm Roux als Theoretiker.

Von Hans Driesch, Köln.

Im Werdegang eines jeden Theoretikers gibt es zwei Perioden, welche man geradezu versucht sein könnte zu vergleichen mit jenen beiden Phasen, welche, wie wir bald sehen werden, der große Denker, mit dem wir uns hier beschäftigen, in der individuellen Entwicklung der Lebewesen unterschieden hat. In der ersten Periode seines wissenschaftlichen Lebens schaut er spontan die großen Linien seines Systems, in der zweiten Periode baut er es aus. Wenn nun der Theoretiker dem Berufe nach ein Naturforscher ist und nicht ein reiner Philosoph ab origine, so wird jenes Schauen der großen Grundlinien seines Systems meist statthaben im Anschluß an seine wissenschaftliche Sonderarbeit, so daß seiner Entwicklung als Theoretiker gleichsam noch eine Art von „Vorentwicklung" voranläuft, so daß wir wohl auch von drei Perioden seines Werdeganges reden können, wenn wir es nicht vorziehen wollen, die Vorentwicklung in die Periode des schauenden Grundaufbaues hineinzubeziehen, indem wir nämlich vermuten, es hätten seine ersten Sonderarbeiten selbst schon an gewisse Grundschauungen angeknüpft, welche, ihm selbst noch unbewußt, bereits Bestandteile eines künftigen Ganzen waren.

Auf Wilhelm Roux findet diese unsere Schematik des Werdeganges „des" Theoretikers ganz ungezwungen Anwendung. Im einzelnen verwickelt sich die Sachlage dadurch ein wenig, daß Roux' wissenschaftliches Leben der Inhaltlichkeit seines Arbeitens nach in zwei wohl gesonderte Phasen zerfällt, und daß erst die zweite dieser Phasen ihn zu „dem" großen Theoretiker gemacht hat. Wir können das vielleicht so ausdrücken, daß wir sagen, es habe bei Roux die „Vorentwicklung" selbst wieder aus einer grundlegenden und einer ausbauenden Periode bestanden.

Mit Arbeiten über die Verzweigungen der Blutgefäße hat Roux' Arbeit begonnen. Im Verlaufe dieser Arbeit schaut er ein Grundproblem der teleologischen Mechanik und kommt im Verfolgen dieses Gedankens zu seinem System der Lehre von der funktionellen Anpassung. In diesem System aber liegen die Keime für ein weit Größeres: die Grundkennzeichnungen alles Lebendigen werden schon hier implicite geschaut, ganz besonders aber die Grundkennzeichnungen von *Entwicklung;* und so gebären denn die Grundlinien des zuerst voll geschauten beschränkten Systems, desjenigen der Lehre von der funktionellen Anpassung, die Grundlinien des umfassenden Systems einer Entwicklungsmechanik.

Roux' System der Entwicklungsmechanik ist schon in der ersten Darstellung, welche von ihm vorliegt, fertig und in ganz seltenem Maße reif. Ein wirklich wesentlich neuer Bestandteil ist ihm meines Erachtens erst vor wenigen Jahren in der Lehre von den Vorgängen, welche eine Lehre von der Vererbung erworbener Eigenschaften zu fordern hätte, hinzugefügt worden. Alles Übrige von etwa 1895 an ist Ausarbeitung, also „zweite" Periode, und diese Ausarbeitung vollzieht sich, wie die Dinge nun einmal lagen, ganz vornehmlich im Wege der Polemik, zu einem guten Stück mit dem Verfasser dieses kleinen Aufsatzes, welcher sich in Dankbarkeit Roux' methodischen Schüler nennt, obschon er sich zugleich in der Deutung der Sachverhalte oft als seinen Gegner bezeichnen muß.

Gehen wir nach diesen allgemeinen Richtlinien nunmehr auf das bedeutsame Einzelne.

„Die Gestalt und Richtung des Lumens der Astursprünge der Arterien werden durch eine derartige vitale Anpassung der Gefäßwandung an die hydraulischen Kräfte des Blutstrahles hervorgebracht, daß der Blutstrahl die Gestalt des „frei" aus hydrodynamisch gestalteter (ovaler) seitlicher Öffnung des Stammes ausspringenden Strahles erlangt." Damit löst der Organismus eine Minimumaufgabe, denn „der Nutzen dieser Einrichtungen besteht in der Verteilung des Blutes unter dem geringsten Verlust an lebendiger Kraft"; und zwar wird diese Aufgabe offenbar durch eine besondere Art des Wachsens der normalen Gefäßwandung

gelöst. Kann diese Art des Wachsens eines Gewebes durch den Darwinschen „Kampf ums Dasein" erklärt werden? Schwerlich. Aber vielleicht könnte man von einem „züchtenden Kampfe der gleich fungierenden Teile eines Organs, hier vom ‚Kampf der Zellen' der Gefäßwand, um Nahrung und Raum" reden, „wobei dann sogleich ein Prinzip des Sieges des in der ‚spezifischen' Weise Fungierenden eingeführt werden müßte."

Also hier schon, zum ersten Male geschaut, das Prinzip des *„Kampfes der Teile im Organismus"* als Erklärungsprinzip für die *funktionelle Anpassung,* jenes Prinzip, dem die erste theoretische Arbeit Roux' dann gewidmet ist.

Das Prinzip des „Kampfes der Teile" ist das Darwin-Wallacesche Prinzip des Überlebens des Passendsten auf der Grundlage fluktuierender Variation, angewandt auf die organischen Elemente. Es werden Qualitäten dieser Elemente, und damit auch der Zellen, der Gewebe „gezüchtet".

Dabei sind nun logisch zwei Phasen der hypothetischen Züchtung zu unterscheiden, von denen die erste die Grundlage der zweiten ist. Die grundlegende Züchtung im Kampfe um Raum und Nahrung läßt diejenigen Elemente allein überleben, welche überhaupt „rascher Nahrung aufzunehmen und zu assimilieren" vermögen, unter diesen aber werden im besonderen diejenigen den Sieg davontragen, welche durch die besonderen Reize der Umwelt, welche ihre spezifischen Funktionen erregen, also durch die *funktionellen Reize,* zugleich zu stärkerer Ernährung und Assimilation, also *trophisch* angeregt werden. Das Funktionieren läßt also die für das Funktionieren geeignetsten Elemente übrig bleiben; sie entziehen den übrigen Nahrung und Raum, und es bleibt zuletzt ausschließlich eine Gesamtheit vollendet funktionierender Elemente übrig.

Hinzunehmen ist bei dieser Abteilung natürlich die Tatsache, daß es überhaupt jenes Faktum des *trophisch,* d. h. ernährungsfördernd, wirkenden funktionellen Reizes gibt. Mit diesem Vorbehalt aber kann in der Tat von einer „direkten Selbstgestaltung des Zweckmäßigen" geredet werden, ja, kann eine „zweckmäßige" Struktur der einzelnen Gewebe als Folge des Züchtungsprozesses gedacht werden.

Freilich — es muß „funktioniert" werden, auf daß funktionelle Strukturen auf Grund des Kampfes der Teile herauskommen. Das nun ist erst von einem gewissen Stadium der Entwicklung an der Fall. Vorher aber bilden sich, z. B. bei der Ausgestaltung der Knochen, auch schon „zweckmäßige Strukturen". Vererbung erworbener Eigenschaften nützt hier nun nichts, um das Auftreten eben dieser nicht durch Funktion entstandenen funktionellen Strukturen in eben dieser Ontogenese kausal zu verstehen, denn „Vererbung erworbener Eigenschaften" ist doch nur ein Wort für einen (problematischen) Tatsachenkomplex, aber nicht ein wirkender kausaler Naturfaktor. Wie also kommen zweckmäßige Strukturen in der ersten, der vorfunktionellen ontogenetischen Periode zustande, ja, wie kommt diese Periode überhaupt zustande?

Hier steht mit einem Male an Stelle des beschränkten das embryologische Vollproblem vor unseren Augen, das Problem der „Entwicklungsmechanik":

Welches sind die ausführenden Kausalfaktoren der Ontogenie?

Mit der Aufrollung des neuen großen Problems ist ein Sachverhalt als gegeben vorausgesetzt, welcher überhaupt zu dieser Aufrollung führte; ein Sachverhalt, welcher schon gelegentlich erwähnt wurde und jetzt gleich zur Erledigung gebracht werden soll. Ich meine den Umstand, daß es überhaupt zwei Perioden im ontogenetischen Ablauf gibt: die Periode der *organbildenden* oder *selbständigen* und die Periode der *funktionellen* Entwicklung oder des Reizlebens. Das ist hinzunehmen und kann nur als zu Recht bestehender empirischer Sachverhalt festgestellt werden.

Entwicklungsmechanik, nicht als bloß deskriptive „Kinematik", sondern als „Kinetik" gefaßt, ist „die Wissenschaft von der Beschaffenheit und den Wirkungen derjenigen Formen von Energie, welche Entwicklung hervorbringen".

Wir reden zunächst über das Wort Entwicklungs*mechanik.* Liegt darin nicht eine Petitio principii? Sie soll es nach den Absichten seines Erfinders, wenigstens ursprünglich, nicht. Das Wort soll nur, im Sinne des kantisch-spinozistischen Begriffs des Mechanismus, wie Roux sagt, der Überzeugung von der eindeutigen Determiniertheit alles Entwicklungsgeschehens Ausdruck geben. Wie alle Kritik, so sei auch eine Erwägung darüber unterlassen, ob das Wort „Mechanik" hier trotzdem nicht irreleitend sein könnte (ja, gelegentlich irreleitend gewesen ist), und ob die Heranziehung des Spinoza nicht auf alle Fälle ein großes Zugeständnis von vornherein an den echten biologischen Mechanismus im engeren Sinne bedeutet. Wichtiger ist uns, daß Roux im Anfange seines Schaffens einmal ganz ausdrücklich mit nichtmechanischen Möglichkeiten gerechnet hat: „Wer nicht blind das, was als höchstes Resultat unserer Untersuchungen erst gewonnen werden muß, in Form der allerdings sehr gebräuchlichen petitio principii als selbstverständlich und keines Beweises bedürftig von vornherein annimmt, der wird sich bei den kausalen Untersuchungen der embryonalen Entwicklung immer unsere Eventualität [scil. „daß da auch besondere Ar-

ten von Energie entstehen"] „vor Augen zu halten und sich zu fragen haben, ob die von ihm beobachteten Vorgänge sich unter die Leistungen bekannter Kraftformen subsumieren lassen, oder ob sie zur Annahme *besonderer* „Wirkungsweisen", wie differenzierender Fernwirkungen u. dgl., und damit zur Annahme besonderer Energien nötigen".

Später treten bei Roux solche Erwägungen nichtmechanischer Wirkungsweisen sehr zurück, mir scheint aber, es sei ihnen in Roux' letzter theoretischer Schrift „Über die bei der Vererbung erworbener Variationen anzunehmenden Vorgänge" (1913) wiederum, vielleicht ohne den ausdrücklichen Willen des Autors, ein kleines Zugeständnis gemacht worden. Jedenfalls ist da von gewissen „regulierenden Wirkungsweisen" die Rede, „deren Art wir noch nicht ahnen, die wir uns noch nicht vorstellen können" (S. 48), und ähnlich heißt es an anderen Stellen derselben Schrift (z. B. S. 56 f.), ja, einmal (S. 58) wird sogar noch mehr gesagt, freilich mit der dogmatisch beigefügten Einschränkung, daß es ein allgemeines „Gesetz" für die Vererbung somatogener Variationen nicht geben könne (welches „Gesetz" nämlich eben dasjenige sein würde, welches ohne eine „prästabilisierte, nur teleologisch mögliche Harmonie des Lebensgeschehens" nicht verständlich wäre). —

Unter *Entwicklung* „verstehen wir das Entstehen von wahrnehmbarer Mannigfaltigkeit". Dabei kann es sich handeln um „wirkliche Produktion von Mannigfaltigkeit" und um „bloße Umbildung von nicht wahrnehmbarer Mannigfaltigkeit in wahrnehmbare, sinnenfällige". Hier nun stehen wir vor den alten Begriffen *Epigenesis* und *Evolution*, beide aber sind mit neuem, strengem Inhalte gefüllt. Bei bloß deskriptiver Verwendung beider Begriffe in älterer Zeit trug bekanntlich „die Epigenesis den vollkommenen Sieg davon". Bei der neuen Fassung der Begriffe — später sagt Roux ganz ausdrücklich Neoevolution und Neoepigenesis — erwächst aber sofort ein neues Problem, und zwar dieses:

„Ist die embryonale Entwicklung (Neo-) Epigenesis oder (Neo-) Evolution [oder Kombination beider]?"

Die logische Möglichkeit beider Entwicklungsformen gibt Roux zu, und zwar in früheren wie in späteren Schriften in wesentlich gleicher Art und unter Verwendung derselben Beispiele; so sollen etwa die Faradayschen Kraftlinien, wenn sie durch Eisenspäne sichtbar gemacht werden, so sollen die Chladnischen Klangfiguren Beispiele echter „Produktion von Mannigfaltigkeit" sein.

So geht denn also Roux an die positive Arbeit, an das Experiment. Wo soll es allerursprünglichst einsetzen? Offenbar bei den frühesten Stadien. Es darf aber offenbar nicht sogleich auf das Kausale gehen, sondern allem vorangehen muß die Frage nach Ort und Zeit der frühesten Formdifferenzierungen.

Die klassisch gewordenen Experimente unseres Forschers sind nicht der Gegenstand dieses Aufsatzes, wohl aber die bei ihrer Gelegenheit als verwirklicht erwiesenen besonderen Begriffe, deren Möglichkeit, wie alles bei Roux, übrigens auch schon vor allen experimentellen Arbeiten logisch erörtert worden war. Denn das „kausale analytische Denken" geht bei ihm aller experimentellen Sonderarbeit voran — eben das macht Roux zum Begründer eines wirklich Neuen.

Neben dem Begriffspaar *Evolution* und *Epigenesis*, beides im neuen tiefen Sinne genommen, und neben der Festhaltung der beiden tatsächlich gegebenen Phasen aller Entwicklung, nimmt nun die erste Stelle im Begriffsapparate Roux' ein das Begriffspaar *Selbstdifferenzierung* und *abhängige Differenzierung;* auch diese beiden Begriffe erscheinen als Möglichkeiten und als Wirklichkeiten.

Es bedeutet nun Selbstdifferenzierung eines „Systems von Teilen, daß entweder die Veränderung in ihrer Totalität, oder doch die spezifische Natur der vor sich gehenden Veränderung durch die Energien des Systems selber bestimmt wird"; was abhängige Differenzierung heißt, ergibt sich daraus von selbst.

Daß die Entwicklung des tierischen Eies im ganzen betrachtet in diesem Sinne Selbstdifferenzierung ist, bedarf keiner weiteren Ausführung. Aber unser Begriffspaar wird nun auch auf die Teile des embryonalen oder erwachsenen Organismus im Verhältnis zueinander angewendet. Hier setzen die eigentlichen entwicklungsmechanischen Fragen ein, in engem Zusammenhange mit der Grundfrage „Evolution oder Epigenesis?". Für die funktionelle Periode der Formbildung war in der Lehre von der funktionellen Anpassung schon für abhängige Differenzierung entschieden worden. Wie steht es mit dem Geschehen in der organbildenden Periode? Hier liegt Selbstdifferenzierung vor, lautet die Antwort, gestützt auf die Untersuchungen über die Bedeutung der Medianebene — eine rein „zeitlich-örtliche" Angelegenheit —, über die halben Froschembryonen und anderes. Damit aber ist die erste Entwicklungsperiode des Embryo ganz wesentlich als Evolution erwiesen, und diese wird dann auch in der Tat, unter der Annahme einer qualitativ ungleichen Kernteilung, in einer der bekannten Weismannschen Lehre ähnlichen Weise aufgefaßt, nachdem eine rein chemische Entwicklungslehre, welche Roux im Beginn seines Theoretisierens vorübergehend vertreten hatte, als unzureichend aufgegeben worden war.

Aber ein neues Begriffspaar tritt ins Spiel:

die Unterscheidung *typischer* und *atypischer* Entwicklung. Was bisher kurz ausgeführt wurde, gilt nur für typische Entwicklung. Typische Entwicklung aber ist für *Roux* nur die gänzlich ungestörte, oder, falls eine Störung gesetzt wurde, nur dasjenige Formbildungsgeschehen, welches an einem embryonalen Bereiche so verläuft, als ob an ihm nichts gestört sei. Der Begriff „Selbstdifferenzierung" wird hier deutlich relativ: etwas, z. B. die allein überlebende Blastomere des Froscheis, differenziert sich „selbst", insofern ihre Gestaltung nicht von der abgetöteten anderen abhängt.

Dieser Komplex des Rouxschen Theoretisierens hat ganz besonders zu polemischen Erörterungen geführt. Roux nannte jedes Ergebnis eines Experimentes, bei welchem eine Embryonalzelle anderes produzierte als im ungestörten Falle, „atypisch". Alle Versuche an Seeigeln, an Amphioxus usw. wurden damit für die Erforschung der Gesetzlichkeit des typischen Sichentwickelns im Grunde irrelevant: es lag immer Regulation, insonderheit „Regeneration" vor — ein Wort, daß Roux in sehr weitem Sinne verwendet, obschon er Regeneration durch Umdifferenzierung von echter Sprossungsregeneration sondert. Logisch war diese engste Fassung des Begriffs des „Typischen" sicherlich erlaubt, und das ist auch nie bestritten worden. Eine andere Frage freilich war es, ob das Begriffspaar *typisch-atypisch* im Rouxschen Sinne wissenschaftlich praktisch war, ob etwas gewonnen war mit der Einsicht, die „typische" Entwicklung des Amphioxuseies sei im Grunde Selbstdifferenzierung wie die des Froscheies, obwohl die isolierte Amphioxusblastomere nicht nur, wie auch die des Seeigels, den ganzen Organismus als Ergebnis liefert, sondern sich sogar wie ein ganzes Ei furcht; jedenfalls war in solchen Fällen die „Selbst"differenzierung grundsätzlich gar nicht experimentell festzustellen. Aus diesem Grunde haben der Schreiber dieser Zeilen und andere die Frage nach der „prospektiven Potenz" der Embryonalteile, unbekümmert um Typisches oder Atypisches im Sinne Roux', in das Zentrum der analytischen und experimentellen Untersuchung gesetzt, und so etwas wie den Gegensatz zwischen Typischem und Atypischem, in dem Begriffspaar der *„primären* und *sekundären* Regulation", erst an eine spätere Stelle des Systems gesetzt.

Daß in allem Atypischen, fasse man es nun wie man wolle, das eigentliche biologische Grundrätsel verborgen liege, konnte Roux nicht entgehen: von gestörtem Ausgang aus bildet sich auf nicht-normalen Wegen das typische Resultat. *Selbstregulation* nennt Roux solches Geschehen, von dem wir einen anderen Vertreter schon in der funktionellen Anpassung kennen gelernt haben.

Was nun, so fragt unser Denker zunächst, löst Selbstregulation, soweit sie Regeneration ist, aus? Und er antwortet: das Fehlen normaler Nachbarschaft oder doch etwas, was damit zusammenhängt. Ein gewisser Teil des gestörten Objektes soll dabei aber immer in seiner normalen relativen Konfiguration erhalten bleiben, von ihm soll das, des näheren unbekannte, regulative Gestaltungsgeschehen ausgehen. Durch diesen Gedanken glaubt Roux die mechanistische Auffassung des ganzen in Rede stehenden Geschehens retten zu können, obwohl er „nicht verkennt", daß dasselbe „auch unter Verwendung eines (mystischen) Prinzips räumlicher Lagewirkungen aus den Änderungen der Gesamtkonfiguration abgeleitet werden" könne. —

Ein großer Begriffsapparat besonderer Art scharrt sich um Roux' Begriffe der Selbstdifferenzierung und der abhängigen Differenzierung, welch letzterer also, abgesehen von der funktionellen Anpassung, ganz vornehmlich im Reiche der Regulation seine Rolle spielt. „Anderdifferenzierungsgebilde", „Alleindifferenzierungsgebilde", „Differenzierungshauptgebilde", „Differenzierungsnebengebilde" usw. werden unterschieden. Auf diese Dinge können wir im Rahmen dieser kurzen Studie nicht eingehen, ebensowenig wie auf den Unterschied zwischen „Bestimmungs- und Ausführungsfaktoren" und anderes.

Wir wollen nur noch zwei Sonderbegriffe von recht grundlegender Art für das Rouxsche Theoretisieren hier besprechen, um uns sodann als letztem Roux' allgemeiner Theorie des Lebens zuzuwenden.

Das eine der besonderen Dinge, auf die wir die Aufmerksamkeit lenken möchten, ist der Begriff der Vorentwicklung, d. h. derjenigen formbildenden Prozesse, welche vor der eigentlichen Ontogenese, also auch vor der Befruchtung und ihrem Ersatz, am Ei sich abspielen. Mit Recht erkennt Roux diese Vorentwicklung als eigentlich schon zur Ontogenese selbst gehörig. Die neueren Untersuchungen über die Bedeutung der Reifung, ausgeführt an Myzostoma, Dentalinen, Ascidien usw. haben ihm hier durchaus Recht gegeben.

Das Zweite ist die Art und Weise, wie Roux den Begriff *Gesetz* faßt, und wie er ihn von der „Regel" scheidet, eine Angelegenheit, auf welche Roux selbst großes Gewicht legt. Das Naturgesetz ist eine „menschliche Formulierung für als beständig ermitteltes Wirken"; nicht etwa „wirkt" es selbst. „Aus den wirkenden Teilen und der Art ihrer Konfiguration" ergibt sich die Wirkung. Das Gesetz gestattet keine Ausnahmen. Die Regel dagegen gestattet bis zu 50 % Ausnahmen; sie redet von dem „fast immer"-Vorkommen eines Geschehens oder Produktes; die Ermittlungen des Mendelismus z. B. sind nach Roux nur Regeln. Roux' Gesetzesbegriff scheint uns aus einem rein naturlogischen schematischen und einem empirischen, das Schema er-

füllenden Bestandteil zusammengesetzt zu sein; dieser zweite Bestandteil nähert ihn unseres Erachtens trotz allem der Regel, denn, wie bekanntlich Hume zuerst sah, kann auch an die Zukunftsgültigkeit irgend eines empirisch erfüllten Gesetzes, das bisher noch nie Ausnahmen erlitt, nur „geglaubt" werden (Hume's Begriff des *belief*). Mit den reinen Schematismen der analytischen Mechanik steht es natürlich anders, aber das sind überhaupt keine empirischen Gesetze, um die es sich bei dieser ganzen Erörterung doch handeln soll.

Roux' Lehre vom Leben überhaupt greift auf den Begriff der Züchtung von Eigenschaften im Kampf der Teile zurück. Die wesentlichen Eigenschaften der belebten Materie sind sukzessiv gezüchtet worden. Zur Minimaldefinition des Belebten gehören Selbstveränderung, Selbstanbildung, Selbstausscheidung, Selbstaufnahme von Stoff, Selbstbewegung, Selbstteilung, Selbstvermehrung und Selbstregulation; bei den höheren Lebensformen kommen andere Kennzeichen, vornehmlich gestaltender Art, hinzu. Was nur die Eigenschaften des Selbststoffwechsels und der Selbstbewegung hat, ist noch eine Vorstufe des eigentlichen Lebenden, ein *Probion*; kommt Selbstteilung und Vererbung dazu, so sind aber die niedersten wirklichen Lebewesen da.

Von besonderer Wichtigkeit scheinen mir die in diesem Zusammenhange stehenden Ansichten Roux' über Assimilation zu sein: Assimilation im „analytischen" Sinne „kann es nicht geben, sondern immer erst ein bestimmt gebauter Komplex verschiedener Teile kann wieder denselben Komplex bilden". Die wirklich vorliegende Assimilation ist also „morphologische Assimilation". Mit Recht sieht Roux in der Assimilation eines der biologischen Zentralprobleme — und Zentralrätsel. —

Nach diesem flüchtigen Rundgange durch den Gedankenpalast Wilhelm Roux' fragen wir uns zum Schluß noch, welchem Typus von Denkern denn unser Jubilar wohl ungezwungen könne zugeordnet werden. Ich meine, wir können da nach zwei Richtungen eine durch das vorliegende „Tatsachen"material, d. h. durch die Rouxschen Theorien geforderte Entscheidung treffen.

Zum ersten: Roux hat weit mehr den Typus eines Philosophen als den eines Naturforschers; sagen wir kurz, er sei Naturphilosoph. Was er selbst sein „kausal-analytisches" Denken nennt, ordnet ihn, vielleicht gegen seine Selbstüberzeugung, dem Typus des Philosophen zu. Möglichkeitserwägungen sind ihm immer das Erste, in deren Dienst steht das Experiment. Man wird nun freilich sagen, es antizipiere jeder planvolle Forscher vor dem Versuche ein Schema von Möglichkeiten. Aber, ganz abgesehen davon, daß dann eben vielleicht jeder planvolle Forscher eigentlich Philosoph wäre, bei Roux sieht man die intellektuelle Freude an seinen dem Versuche vorhergehenden Möglichkeitserwägungen. Und er teilt sie ja auch als bloße Möglichkeitserwägungen ausführlich mit; sie ruhen in sich selbst, sie genügen sich und ihm selbst. Man lese das Beste, was Roux theoretisch geschrieben hat[1]), und man wird bestätigt finden, was wir gesagt haben.

Zum anderen: Roux ist durchaus Analytiker; er hat in hohem Maße die Gabe feiner sachgemäßer begrifflicher Sonderung. Das Bedürfnis nach Synthese ist gering. Hier liegen die eigentlichen Wurzeln seiner Abneigung gegen Vitalismus und Metaphysik; daß er die mechanistische Lehre beweisen könne, sagt er selbst ja gar nicht, und er sagte es, wie wir sahen, im Anfange seines Schaffens noch weniger. —

Wenn diese Zeilen dazu anregen, daß man sich mit Roux als Theoretiker beschäftigt — auch wenn man nicht Biologe ist —, dann haben sie ihren Zweck erfüllt. Und ich kann versichern, es ist ein intellektueller Genuß, sich mit ihm als Theoretiker zu beschäftigen. Man lese zuerst zwei Abhandlungen aus älterer Zeit:

1. *Einleitung zu den „Beiträgen zur Entwicklungsmechanik des Embryo".* Zeitschr. f. Biol. Bd. 21, 1885, S. 411; Ges. Abh. II, S. 1.

2. *Die Entwicklungsmechanik der Organismen, eine anatomische Wissenschaft der Zukunft.* Festrede, 1889, Ges. Abh. II, S. 24.

Sodann nehme man vor aus neuerer Zeit die Naturforscherversammlungsrede:

3. *Die Entwicklungsmechanik, ein neuer Zweig der biologischen Wissenschaft,* 1905, Heft 1 der „Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmech."

und endlich die äußerst geistvollen und scharfsinnigen „Möglichkeitserwägungen", welche sich betiteln:

4. *Über die bei der Vererbung von Variationen anzunehmenden Vorgänge* nebst einer Einschaltung über die Hauptarten des Entwicklungsgeschehens. Vortr. u. Aufs. Nr. 19, 1913.

So hat man den theoretischen Roux in allen Phasen seines Schaffens abgesehen von der ersten. Wer will, mag dann noch aus dieser „Vorentwicklung" die bekannte Schrift „Der Kampf der Teile im Organismus", 1881, Ges. Abh. I. S. 137, dazunehmen.

Von allen hier genannten Arbeiten aus ist es leicht weiter und intimer in Roux' Schaffen einzudringen; namentlich die als Nr. 3 genannte Rede ist geeignet dazu, wie übrigens auch die im Jahre 1912 von ihm in Verbindung mit anderen Fachgenossen herausgegebene „Terminologie der Entwicklungsmechanik der Tiere und Pflanzen".

[1]) Zumal Nr. 1 und 2 der sogleich erfolgenden Aufzählung.

Die Lehre von der funktionellen Anpassung in der Orthopädie.

Aus der Chirurgischen Klinik in Jena. (Dir. Prof. *Guleke.*)

Von Georg Magnus, Jena.

Neben der kongenitalen Mißbildung, die in erster Linie als Ausdruck eines *vitium primae formationis* aufgefaßt werden muß, beherrscht die Orthopädie der Begriff der *Belastungsdeformität.* Sobald zwischen der Festigkeit eines Systems und der ihm zugemuteten Belastung ein Mißverhältnis zuungunsten der ersteren entsteht, tritt eine *Insuffizienz* dieses Systems auf, ganz gleich ob es sich um die Wirbelsäule handelt, um einen Röhrenknochen, das Fußgewölbe oder den Schenkelhals. So kommt eine Skoliose, ein genu valgum, ein Plattfuß oder eine coxa vara zustande, und zwar einerseits dann, wenn die Rachitis das Knochensystem abnorm erweicht, so daß es einer normalen Belastung nicht gewachsen ist, oder aber, wenn eine abnorme Beanspruchung, zum Beispiel eine schwere Lehrlingszeit, ein an sich normales Skelett irgendwo überanstrengt.

Die Belastungsdeformität bedeutet somit ein *Ausweichen* eines Systems in der Richtung eines ausgeübten Druckes. Demgegenüber steht die Vorstellung von der *funktionellen Anpassung,* die ein Erstarken dieses Systems *unter* dem Druck und *gegen* denselben behauptet und bewiesen hat. Beide Vorgänge — Belastungsdeformität und funktionelle Anpassung — stehen sich gegenüber als diametral entgegengesetzte Wirkungen *derselben* Ursache. Derselbe Körper weicht aus oder erstarkt unter einem Druck, je nach seiner Fähigkeit, sich zur Wehr zu setzen, je nachdem er mangels solcher Fähigkeit *als krank nachgibt, oder aber als gesund sich funktionell anzupassen imstande ist.*

Beide Vorgänge treten sogar hintereinander am selben Knochen auf. Unter der erweichenden Wirkung der Rachitis biegt sich ein Knochen durch, sobald er in seiner Längsrichtung über seine Tragfähigkeit hinaus belastet wird. Es kommt so zu einem *Crus varum.* Solange die Insuffizienz besteht, solange läuft ein circulus vitiosus: das System ist dekompensiert und der Knochen wird immer krummer. Sobald aber die Rachitis als Krankheit abgelaufen ist, ändert sich das Bild: die Deformität wird stabil, und der Knochen versteift sich in dieser neugewonnenen Form, er verteidigt sich gegen eine weitere Zunahme der Verkrümmung durch Verstärkung der bedrohten Partien, er stellt seine Funktion — das heißt in diesem Falle die Tragfähigkeit des Systems — wieder her durch Anpassung an die neuen Verhältnisse, durch Umbau im Sinne der neu aufgetretenen Druck- und Zuglinien. Die *Spongiosa-Architektur* stellt sich auf die neue Beanspruchung ein und transformiert sich ihr entsprechend. Diese Aufgabe ist umso schwerer, je stärker ein Röhrenknochen aus der Geraden abgewichen ist. Der völlig gerade Stab ist gegen eine Beanspruchung in seiner Längsrichtung am geeignetsten. Je krummer er wird, desto größer wird der Aufwand, der ein weiteres Durchbiegen zu verhindern imstande ist. *Der* Knochen also, dessen *Form* unter der Wirkung der Krankheit am meisten gelitten hat, wird zur Wiederherstellung seiner *Funktion* die größten Mittel brauchen.

Dieser Vorgang wiederholt sich regelmäßig, sobald an langen Röhrenknochen Belastungsdeformitäten, also Verkrümmungen, auftreten: dem pathologischen Geschehen der Formveränderung folgt nach erlangter Gesundung stets die Wiederherstellung der Funktion, also der Tragfähigkeit, durch Anpassung des Systems an die neue Gestalt. Umgekehrt kann auch eine normale Formänderung ausbleiben, wenn funktionell kein Bedarf für sie vorliegt. So fand *König,* daß die normale Biegung des Schenkelhalses nicht eintritt an schwer durch Poliomyelitis in ihrer Tragfähigkeit geschädigten Beinen. Es kommt zur Bildung einer ausgesprochenen *Coxa valga,* wenn einerseits die Belastung, andererseits der normale Tonus der Muskulatur ausbleibt, der ja auch in seiner Gesamtheit die Extremität im Sinne einer erstrebten Annäherung ihrer beiden Enden auf Druck beansprucht.

Deutlicher noch als am einfachen Knochen ist der Umbau dort, wo diese zu Systemen zusammentreten, also zunächst am *Gelenk.* Sehr klare Verhältnisse ergibt das Tierexperiment. Ich konnte nachweisen, daß beim Kaninchen ein Kniegelenk seine Form in sehr charakteristischer Weise verändert, wenn man es in Beugekontraktur stellt. Das Tier belastet dann sein Bein nicht mehr in der Streckstellung, sondern in extremer Beugung, und dementsprechend ändert das Gelenk seine Gestalt: aus dem Winkel, der von zwei Geraden gebildet wird, und der seine Hauptbeanspruchung in gestreckter Stellung erfährt, wird ein starrer, gebrochener Träger. Dieser bleibt nun nicht bestehen als Winkel von zwei Geraden, dessen Belastung eine Verkleinerung dieses Winkels erstreben würde, sondern er baut sich zweckmäßig zu einem viel besser tragenden *Bogen* um. Die beiden Röhrenknochen krümmen sich scheinbar zielbewußt einander zu, die kalottenförmigen Epiphysen nehmen eine Dreiecksgestalt an, um den bei der Flexion klaffenden Gelenkspalt auszufüllen und sich mit möglichst großer Fläche zu berühren. In extremen Fällen wird die Beugekontraktur so stark, daß die Knochen parallel laufen, und daß die Gelenkkörper somit überhaupt keinen Kontakt bekommen würden, wenn nicht dieser Umbau zu einem Bogen stattgefunden hätte.

Genau wie die äußere Form des Gelenkes paßt sich auch die Spongiosa-Architektur der Epiphysen den neuen Anforderungen an: die Bälkcken verlaufen nicht mehr in der Verlängerung der Diaphyse, sondern sie biegen ebenfalls um, und bilden in ihrer Gesamtheit mit denen des anderen Gelenkkörpers denselben Bogen wie die äußere Form des ganzen Systems.

Derselbe Vorgang läßt sich beim *Menschen* beobachten, wenn Gelenke lange Zeit in Beugekontraktur stehen, und zwar sind die Veränderungen wie beim Tier besonders deutlich dann, wenn es sich um ein noch wachsendes Individuum handelt, wenn also gar nicht die vorhandene Form umgebaut zu werden braucht, sondern wenn sie in ihre neue Funktion *hineinwächst.*

Die grobe Form des Gelenkes ändert sich genau wie beim Tier und wird aus einem Winkel zu einem Bogen durch Abbiegen der Metaphysen. Die Spongiosa-Architektur läßt sich am besten studieren in den Fällen, die zu einer *knöchernen Ankylose* geführt haben; dann gehen die Trajektorien über den ehemaligen Gelenkspalt hinweg direkt von einem Knochen in den andern über, die ganze Extremität wird zu einem einheitlichen Träger umgeschmolzen.

Noch eindrucksvoller werden die Veränderungen dort, wo komplizierte Systeme nach erfolgter Deformierung stabil geworden sind und sich auf die neue Beanspruchung einstellen, also an *Wirbelsäule* und *Fuß.*

Die *Wirbelsäule* weicht auch aus, solange sie insuffizient und dekompensiert ist. Es entsteht eine Skoliose oder auch eine Kyphose. Im Stadium abnormer Plastizität werden die einzelnen Elemente durch Druck deformiert oder wachsen asymmetrisch in den ihnen zur Verfügung stehenden Raum hinein. So gestalten sich bei der Skoliose die Keilwirbel, so kommen eigentümlich gedrehte Formen zustande, so erscheint unter dem Einfluß der Torsion der Rippenbuckel. Und dann auch hier der Gesundungsprozeß, soweit es sich um die Funktion in Gestalt von Tragfähigkeit handelt: die pathologische Form erstarkt zu einem belastungsfähigen Träger, die Bälkenstruktur wird transformiert, oft in sehr komplizierter Weise. Die Innenarchitektur eines Keilwirbels ist nach erfolgter Anpassung ein sehr fein konstruiertes System geworden.

Beim *Fuß* liegen die Verhältnisse ähnlich. Zunächst entsteht als Ausdruck der Insuffizienz ein *Plattfuß*: das Gewölbe streckt sich, der Vorderfuß tritt in Abduktion, der Talus kippt in der Gabel um, und es entsteht durch Pronation der Pes valgus. Ist der Prozeß abgeschlossen, dann erfolgt der Umbau der einzelnen Elemente des Systems für die neue Situation. Ganz besonders auffällig ist die Gestaltung des *Talus.* Behielte er seine alte Form bei, die nur als Schlußstein des Gewölbes eine Bedeutung hat, dann würde er inmitten des flach ausgebreiteten Gebäudes einen Fremdkörper darstellen, die Gelenkverbindungen, besonders nach vorn, würden unsicher werden, indem sie nach unten klaffen. Der Talus macht infolgedessen den Prozeß der Streckung mit, er wird in schweren Fällen zu einem völlig geraden Knochen, und das ganze System behält seinen Halt, es wird nach überstandener Krankheit wieder in wechselndem Umfange tragfähig.

Beim *Klumpfuß* liegen die Verhältnisse insofern anders, als es sich im wesentlichen um eine echte Mißbildung handelt und nicht um eine Belastungsdeformität. Der Fuß steht durch starke Supination und Adduktion auf der Außenkante und ist zunächst in dieser Situation als Träger völlig ungeeignet. In schweren Fällen wird die Tragfähigkeit dadurch wieder hergestellt, daß der Fuß ganz umfällt, daß die Deformierung soweit gesteigert wird durch die Belastung, bis der Mensch mit dem Fußrücken auftritt. Dazu gehört ein sehr erheblicher Umbau der einzelnen Elemente, und wieder ist es in der Hauptsache der Talus, der diese Transformierung gleichsam leitet, der in sich allein die ganze Gestalt des Klumpfußes repräsentiert.

Eine wichtige und sogar maßgebende Rolle spielt das Prinzip der funktionellen Anpassung bei der *Frakturheilung,* besonders dort, wo diese in schlechter Stellung erfolgt. Je jünger das Individuum ist, desto idealer wird das funktionelle Resultat. Schon die Art, wie sich der *Kallus,* der zunächst im Übermaß gebildet wird, dort wieder abbaut, wo er nicht gebraucht wird, erfüllt alle Bedingungen der *Selbstgestaltung des Zweckmäßigen.* Der Umbau geht jedoch noch weiter: vom alten Knochen werden alle Teile resorbiert, die überflüssig geworden sind, werden die Partien, die den Zwecken des Neubaus dienen können, verstärkt. Und schließlich stellt sich die während des Heilungsprozesses zunächst verschlossene Markhöhle wieder her, auch wenn ihr Verlauf mitten durch ehemalige Kortikalis hindurchgeht, und das Maschenwerk der Spongiosa bildet sich unter dem Reiz der Beanspruchung so aus, wie es die Tragfähigkeit verlangt, ganz gleich, wie sehr durch das schlechte Behandlungsresultat der Fraktur die äußere Form des Knochens gelitten hat. Und handelt es sich um einen *Gelenkbruch,* so ist auch hier wieder die Funktion oder die Beweglichkeit des Gelenkes das Ziel der Heilung. Vorsprünge, die im Wege sind, verschwinden, neue Gelenkkörper schleifen sich an, und die Endresultate sehr difform geheilter Frakturen sind in bezug auf die Funktion oft überraschend gut.

Das Prinzip der funktionellen Anpassung ist also auch bei Betrachtung *pathologischer* Verhältnisse absolut maßgebend für das Schicksal des Individuums. Die Selbstheilung der Natur geht außerordentlich weit, und es ist überraschend, wie schwer die Form gelitten haben kann, ohne daß die Einbuße an Funktion in irgendeinem Verhältnis dazu steht. Wie häufig sieht man bei

Schwerarbeitern als Nebenbefund einen maximalen Plattfuß, von dem der Patient gar nichts weiß, wie oft kommen Kranke mit schwerer Skoliose lediglich aus kosmetischen Gründen zum Arzt. Fuß und Wirbelsäule sind in diesen Fällen, *nachdem die Krankheit die normale Form zerstört hat, funktionell durch Anpassung an die neue Gestalt geheilt, sind in bezug auf ihre Tragfähigkeit gesund.*

Praktisch ist die Orthopädie sehr stark von diesen Vorstellungen abhängig. Sie wird versuchen müssen, ihr therapeutisches Handeln möglichst in die Zeit des beginnenden Umbaus zu verlegen, um diesem nach eigner Wahl den Weg zu weisen. So wird es gelingen, auch die *Form* wiederherzustellen, was ja stets die Forderung des Patienten ist. Solange die Krankheit besteht, muß also einer Deformierung vorgebeugt werden; das System wird *entlastet,* bis es wieder tragfähig ist. Dann aber, wenn es sich anschickt, der neuen Gestalt sich anzupassen, wird eine Korrektur nicht leicht zu früh kommen. Je eher diese erfolgt, je weniger sich der Körper bereits funktionell umgebaut hat, desto leichter und mit desto geringeren Mitteln wird er sich der korrigierten Form wieder anpassen können. Dazu kommt, daß der ganze Prozeß im Wachstumsalter des Individuums am einfachsten zu bewältigen ist, da es sich hier weniger um den Umbau, als vielmehr um die Festlegung der Wachstumsrichtung für den Neubau handelt.

Ist die veränderte Form unter der Belastung bereits erstarkt, dann können wir mit bewußter Ausnutzung des Prinzips von der funktionellen Anpassung eine sehr aussichtsreiche Therapie treiben. Das verkrümmte Glied wird in der pathologischen Stellung durch Gipsverband vollständig immobilisiert und durch Bettruhe entlastet. Dann atrophiert der Knochen infolge der Inaktivität, der ganze Prozeß der Anpassung, der unter der Belastung sich bereits abgespielt hatte, wird annulliert, und nach 4—6 Wochen ist der Knochen biegsam, die Korrektur der Form läßt sich, nach Entfernung des Gipses, ohne Gewalt anbringen. Das nun normal geformte Glied wird wiederum eingegipst und in diesem Verbande ausgiebig belastet. Durch diese Beanspruchung wird die gewonnene normale Form stabilisiert, und die Entfernung des Gipses nach wiederum 4—6 Wochen ergibt einen normal geformten und normal festen Knochen.

Das Verfahren ist ein Schulbeispiel dafür, wie orthopädische Therapie das Prinzip der funktionellen Anpassung ausnutzt, und zwar zweimal: zuerst im Sinne der Atrophie des entlasteten Knochens, dann der Befestigung desselben Knochens durch Beanspruchung in der gewünschten Form. Nicht nur die Korrektur der Deformität ist Aufgabe der Orthopädie, sondern auch die Überwachung des korrigierten Systems während der Anpassung an die gewonnene neue Form. Und je mehr die Therapie sich bewußt diesem Prinzip widmet, desto schöner werden die Resultate werden.

Botanische Betrachtungen über entwicklungsmechanische Begriffe.

Von Ernst Küster, Bonn.

Die Vorgänge des Wachstums sind es vor allem, welche die Tiere und Pflanzen auch für das Auge des Laien als gleichermaßen „Lebendiges“ kennzeichnen: Das Wachstum gehorcht bei den Vertretern beider großer Organismenreiche so vielen gemeinsamen Gesetzen, hat in beiden Reichen so viele übereinstimmende Voraussetzungen und äußert sich bei ihnen mit Formwechselprozessen von so überraschend weitgehender Ähnlichkeit — ich erinnere nur an die Vorgänge der Kernteilung —, daß gar manche Beobachtung, die an den Angehörigen eines der beiden Organismenreiche gemacht worden ist, ohne weiteres auch für die des andern Gültigkeit hat, und in vielen anderen Fällen die an Tieren beobachteten Wachstums- und Gestaltungsprozesse zu vergleichenden Beobachtungen an Gewächsen angeregt haben und umgekehrt. Andererseits ist es grade das Wachstum, welches einen der wichtigsten und sinnfälligsten Unterschiede zwischen Tieren und Pflanzen begründet: man nennt die Tiere geschlossene Formen, die Pflanzen offene, weil die Tiere begrenzte Wachstumsfähigkeit haben, während die Pflanzen zu theoretisch unbegrenztem Wachstum befähigt sind; an hunderten und tausenden „Vegetationspunkten“ der Sprosse und Wurzeln betätigen sich die Pflanzen mit einer Wachstums- und Gestaltungstätigkeit, welche — bei den perennierenden Gewächsen — viele Jahre, Jahrzehnte und Jahrhunderte lang fortgesetzt werden kann, ohne daß ein Stadium erreicht wird, in welchem die Pflanzen als endgültig ausgewachsen bezeichnet werden könnten; den langlebigen Mammuthbäumen der neuen Welt vollends steht eine Wachstumsfrist von mehreren Jahrtausenden zur Verfügung. Die Tiere haben eine viel kürzere und vor allem eine spezifisch befristete Wachstumsdauer: ist diese abgelaufen, so vermögen sie als „ausgewachsene“ Individuen eine längere oder kürzere Zeit zu verleben.

Dieses wichtige Unterscheidungsmerkmal, das Tiere und Pflanzen voneinander trennt, ist zwar ebenso wie alle andern, welche die morphologische, zytologische, physiologische und pathologische Forschung aufgedeckt hat, nicht ohne Ausnahmen, andererseits von so bestimmendem Einfluß auf das Gestaltungsleben des Pflanzen-

körpers, daß wir auch bei seiner kausalen Analyse auf wichtige Differenzen in der Anwendbarkeit und der Fruchtbarkeit entwicklungsmechanischer Grundbegriffe für die beiden Organismenreiche uns gefaßt machen müssen.

Die Ausarbeitung der wichtigsten Grundbegriffe, welche der kausal-analytischen Forschung Unterlage zu geben und Richtung zu weisen haben, ist das Werk *Wilhelm Roux's*. Seine Arbeit geht von dem am Tier Beobachteten aus und ist daher vor allem und zunächst den Bedürfnissen des an zoologischem Material arbeitenden Forschers dienstbar. Sind dieselben Begriffe von gleichem produktiven Wert auch für den Botaniker? oder sind für diesen nur einzelne in ähnlichem Sinne wertvoll wie für den Zoologen?

Erschöpfende Antwort auf diese Fragen ließe sich nicht kürzer als in einem umfangreichen Buche geben. Für die Aufgaben des vorliegenden Aufsatzes wird es genügen, auf einige der wichtigsten Punkte hinzuweisen und durch Erläuterung einiger Beispiele anzudeuten, welche Anregungen die Rouxschen Distinktionen dem Botaniker zu geben vermögen. —

An jedem Gestaltungsgeschehen sind nach *Roux Determinations- und Realisationsfaktoren* beteiligt: erstere bestimmen die Qualität eines Geschehens, letztere bewirken die Ausführung dessen, was seiner Qualität nach bereits durch jene bestimmt oder „determiniert" war. Determinierende Faktoren entscheiden darüber, ob aus einem Ei ein Käfer oder ein Schmetterling wird; die realisierenden oder die „Ausführungsfaktoren" ermöglichen den Ablauf der Entwickelungsphasen, die vom Ei zum Embryo, zur Larve und Imago usw. führen. Über die Art der im Ei verwirklichten und wirksam determinierenden Faktoren ist wenig oder garnichts bekannt; die Analyse der realisierenden Faktoren stößt auf geringere Schwierigkeiten, da sie zum großen Teil in der die Zellen umgebenden, dem Experimentator in vielen Fällen leicht zugänglichen Außenwelt liegen.

Die von *Roux* zunächst für die Entwicklung des tierischen Eies und des Tieres überhaupt aufgestellte Unterscheidung hat, wie ohne weiteres einleuchtet, auch ihre Gültigkeit für die pflanzlichen Objekte: die Faktoren, welche eine Spore zur Keimung bringen — Wasserzufuhr, Salzversorgung, Belichtung —, realisieren einen Prozeß, welcher in seiner Qualität schon längst durch die in der Spore liegenden Faktoren bestimmt ist. Für die Pflanzen gilt auch das, was *Roux* zur Klassifizierung der realisierenden Faktoren gesagt hat: sie wirken lediglich auslösend oder wirken durch die Menge der von ihnen zugeführten Energie. Ob freilich in allen Stücken die von *Roux* gegebene Distinktion in gleichem Sinne auch für botanische Forschungen dienstbar gemacht werden kann, ist zweifelhaft und bedarf näherer Prüfung. Es ist von vornherein zu erwarten, daß die bereits erwähnten Unterschiede, welche hinsichtlich des Wachstums und der Entwicklung zwischen Tieren und Pflanzen bestehen, die Abhängigkeit, in welcher die Pflanzen lebenslänglich von der Lieferung der Baumaterialien bleiben, und die Abhängigkeit wichtigster Prozesse des Baustoffwechsels vom Licht, wichtige Unterschiede in der Umgrenzung dessen, was den determinierenden Faktoren und den realisierenden zuzurechnen ist, ergeben werden — z. B. dann, wenn es sich um die Frage handelt, welche Faktoren auf die Größe einer morphologischen Einheit und auf die Masse des durch Assimilation und Wachstum produzierten Einfluß haben.

Der Unterschied zwischen Determinations- und Realisationsfaktoren ist für den experimentell arbeitenden Pflanzenmorphologen ebenso unentbehrlich wie für den Zoologen. Es sind daher auch botanischerseits ähnliche Unterscheidungen schon längst aufgestellt worden. Die Unterscheidung von „allgemeinen" Bedingungen, die bei jedem Gestaltungs- und auch vielen anderen Lebensprozessen mitwirken (Sauerstoff-, Wasserversorgung usw.), und „speziellen", welche die Voraussetzung eines bestimmten Prozesses ausmachen, weiterhin die Unterscheidung von äußeren und inneren Bedingungen, d. h. denjenigen, welche in der Außenwelt eines Organismus liegen (Belichtung, Transpirationsbedingungen, Wasser- und Baustoffzufuhr usw. usw.), und denjenigen, welche im Innern eines Organs oder einer Zelle wirksam sind (Konzentration des Zellsaftes, sein Gehalt an Salzen, Kohlehydraten, Fermenten, Vorhandensein der die enzymatische Tätigkeit beeinflussenden Stoffs, Reaktion des Zellinhalts, Beschaffenheit der Zellwand usw), und der „spezifischen Struktur" eines Organismus oder einer Spezies, als welche die Gesamtheit aller in ihm schlummernden Reaktionsfähigkeiten und Entwicklungsmöglichkeiten bezeichnet wird (*Klebs*[1])), bringen das Bedürfnis des Botanikers nach ähnlicher Analyse zum Ausdruck. Die von dem Botaniker *Klebs* vorgeschlagene Unterscheidung trägt den an Pflanzen herrschenden und erforschbaren Verhältnissen Rechnung; suchen wir nach einer allgemeinen Fassung und nach Terminis, durch welche bereits die Rolle der verschiedenartigen Prozesse und ihre Bedeutung für die Gesamtheit des Entwicklungsgeschehens verständlich wird, so werden wir der *Roux*schen Unterscheidung den Vorzug geben müssen. —

Eine der wichtigsten Unterscheidungen, die *Roux* in die Entwicklungsmechanik eingeführt hat, ist die der *Selbstdifferenzierung* und der *abhängigen Differenzierung*. Als Selbstdifferenzierung definiert *Roux* diejenige gestaltliche

[1]) Vgl. *Klebs, G.* Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen, Jena 1896; ders., Willkürliche Entwicklungsänderungen bei Pflanzen. Ein Beitrag zur Physiologie der Entwicklung. Jena 1903.

Selbstveränderung einer Zelle oder eines Organs oder Organkomplexes, bei welchen die Qualität der Veränderung durch die in dem sich differenzierenden Teil liegenden Faktoren bestimmt werden. Bei der abhängigen Differenzierung hingegen liegen die Faktoren, welche die Qualität des Geschehens bestimmen, außerhalb des sich differenzierenden Teiles — sei es, daß die dem in Differenzierung begriffenen Organ benachbarten lebendigen oder toten Anteile des nämlichen Organismus oder die den Organismus als Ganzes umgebende Außenwelt die qualitätbestimmenden Faktoren zur Wirkung bringt.

Es versteht sich von selbst, daß auch bei Vorgängen der Selbstdifferenzierung die Umgebung des sich differenzierenden Gliedes nicht unbeteiligt ist und nie unbeteiligt sein kann, „da nichts seinen Zustand ganz von selber ändern kann“: irgendwie liefert die Außenwelt der sich differenzierenden Zellen oder Organe die erforderliche Energie, oder aktiviert sie die in jenen gespeicherten Energiemengen. Grade bei den Pflanzen ist die Bedeutung der Energiezufuhr seitens der Außenwelt mit besonderer Deutlichkeit zu erkennen und ihre Wirkung auf die Resultate des Gestaltungs- und Differenzierungsgeschehens besonders sinnfällig: die Größe der Zellen, die Größe der Organe, die Zahl der Organe, welche einen Sproß — die Zahl der Zellenlagen, welche ein Organ aufbauen, und der Grad der Differenzierung, der von ihnen erreicht wird, ist in hohem Maße von den Leistungen der Außenwelt abhängig — von dem Wasser, das sie liefert, von den Salzen, die in ihm enthalten sind, von Sauerstoff- und Kohlensäurezufuhr und von der Bestrahlung durch das die Kohlenstoffassimilation ermöglichende Licht; selbst dann, wenn alle plastischen Materialien, deren eine Pflanze zur Erlangung einer oder vieler Entwicklungsphasen benötigt, bereits in der morphologischen Einheit, deren Selbstdifferenzierung wir zu prüfen haben, enthalten sind — wie in den zur Keimung sich anschickenden Samen, treibenden Kartoffelknollen, Zwiebeln usw. —, bleibt doch der Einfluß der Außenweltfaktoren außerordentlich weitreichend, so daß Gestaltung und Differenzierung bei sich entwickelnden Organen und Geweben erstaunliche Unterschiede erkennen lassen je nach den Lichtverhältnissen, welche während der Entwicklung herrschen, nach dem Grad der Wasserdampfabgabe (Transpiration), der den in Entwicklung begriffenen Teilen möglich ist, u. a. m. Bei so weitgehender Abhängigkeit der Gestaltung und Differenzierung von den realisierenden Wirkungen der Außenwelt ist es nicht überraschend, daß viele Gestaltungsprozesse inhibiert werden, wenn nicht die erforderliche Kombination der Außenweltfaktoren verwirklicht ist. Es ist für den Experimentator vielen Differenzierungsprozessen gegenüber ein Leichtes, sie vorübergehend aufzuhalten oder dauernd auszuschalten, manche Vorgänge der Gewebedifferenzierung, die wir unter normalen, d. h. am Orte des natürlichen Vorkommens in der Mehrzahl der Fälle realisierten Bedingungen mit großer Regelmäßigkeit eintreten und sich vollenden sehen, unvollkommen zu lassen oder gänzlich zu unterdrücken, oder bestimmte Prozesse der Organbildung wie das Blühen hintanzuhalten oder dauernd auszuschließen. Andererseits freilich fehlt es nicht an Differenzierungsvorgängen, welche allen Bemühungen trotzen und sich nicht früher sistieren lassen, als das Wachstum überhaupt zum Stillstand gebracht ist[1]).

Die Abhängigkeit der an Pflanzen sich abspielenden Differenzierungsprozesse hat eine umfangreiche und vielseitige experimentelle Forschertätigkeit angeregt, deren Ergebnisfülle sich zoologischerseits — wie der Veranlagung der verschiedenartigen Objekte entspricht — nur verhältnismäßig wenig gegenüberstellen läßt. Wollte man aus jener weitgehenden und leicht erkennbaren Abhängigkeit aber den Schluß ziehen, daß beim Pflanzenkörper eine Unterscheidung zwischen Selbstdifferenzierung und abhängiger Differenzierung nicht zulässig wäre, so läge ein Trugschluß vor, den allerdings botanische Forscher nicht immer vermieden zu haben scheinen. Der Umstand, daß äußere Bedingungen so starken Einfluß auf die gesamte Differenzierungsfähigkeit aller Gewächse haben, beweist nicht, daß jene Außenweltsfaktoren — so entscheidend wichtig sie sein mögen — eine andere als realisierende Bedeutung haben. Die Differenzierung eines Vegetationskegels, die Ausbildung von Primordialblättern, die Differenzierung eines Mesophylls, einer Epidermisplatte, einer Samenschale, die Organisation einer Blüte usw. bleibt Selbstdifferenzierung, auch wenn wir ihre Abhängigkeit von der Außenwelt dadurch erweisen, daß wir durch bestimmte Kombination realisierender Faktoren viele Differenzierungsprozesse steigern, hemmen und völlig ausschließen können. Vielleicht hat es der Reichtum jener experimenteller Ergebnisse mit sich gebracht, daß seitens der Entwicklungsmechanik der Pflanzen mit dem Begriff und Terminus der Selbstdifferenzierung nur selten gearbeitet wird. —

Wenn Differenzierung das Erscheinen von Mannigfaltigkeiten bedeutet, die dort sichtbar werden, wo gleichartiges Material wahrgenommen wurde, so kann es sich um das Sichtbarwerden von Mannigfaltigkeiten handeln, die vorher — unserem Auge verborgen und unseren Methoden unzugänglich — schon an eben jenen Stellen vor-

1) Es ist bisher nicht gelungen, durch Kombination hemmender Faktoren in wachsenden Pflanzenorganen die Entwicklung von Leitbündeln dauernd auszuschließen. Auch ist es bisher nicht möglich gewesen, eine Achse zur Entwicklung zu bringen, an welcher die „normaler“ Weise an ihr sich bildenden Blätter oder Blattanlagen überhaupt gefehlt hätten.

handen waren, — oder um Neubildung von Unterschieden. Im Anschluß an die von *C. Fr. Wolff* aufgestellten Termini spricht *Roux* im ersten Fall von *Neoevolution*, im zweiten von *Neoepigenesis*. Die Unterscheidung hat sich auch für botanische Forschungen als fruchtbar erwiesen[2]): wenn in einem Vegetationskegel Gewebeformen der verschiedensten Art erkennbar werden, so handelt es sich um Neoepigenesis; ebenso bei der Ausdifferenzierung von Seitenorganen am Sproßscheitel, bei der Verzweigung einer Hyphe, bei Bildung des Gefäßbündelnetzes in einem dikotylen Blatt. Schreitet ein Bakterienstäbchen zur Bildung einer Spore, so tritt zwischen seinen beiden Polen — soweit unsere Einsicht in das Leben der Bakterienzelle es zu untersuchen gestattet — eine Differenzierung auf dem Wege der Neoepigenesis ein. Wenn hingegen zylindrische Zellen einer Alge an ihren beiden gleichgeformten und mit gleichen Inhaltsbestandteilen ausgestatteten Polen — dem Gesetz der Polarität gehorchend — verschiedene Wachstumsprozesse vor sich gehen lassen, so haben wir es mit einer Neoevolution zu tun, d. h. mit einem Sichtbarwerden von Mannigfaltigkeiten, die für uns bisher nicht wahrnehmbar waren, die wir aber aus dem nachträglichen Verhalten der Zellen zu erschließen berechtigt sind.

Ein lehrreiches Beispiel liefern uns die panaschierten Pflanzen. Als solche werden diejenigen bezeichnet, deren Spreiten mehrfarbig — grün und blaß, sogar weiß — sind. Bei manchen Panaschierungen sind die grünen und die blassen Felder unscharf gegeneinander abgesetzt, bei anderen verlaufen die Grenzen zwischen diesen und jenen völlig scharf: normal grüne Zellen grenzen unvermittelt an blasse. In beiden Fällen ist der Sproßvegetationspunkt der panaschierten Pflanzen durchaus homogen, d. h. aus Zellen aufgebaut, welche die künftige Differenzierung in grüne und blasse Spreiten und Sproßteile in keiner Weise vorbereitet zeigen. Bei Panaschierungen der ersten Art erfolgt die Differenzierung als Neoepigenesis, im zweiten Falle als Neoevolution[3]). Besonders lehrreich sind diejenigen Panaschierungen, welche weißgerandete Blätter aufweisen: wir wissen, daß auch der Sproßvegetationspunkt solcher Pflanzen schon aus zwei verschiedenen Zellenarten sich aufbaut, aus normal veranlagten und solchen, welchen die Befähigung zur normalen Chloroplastenbildung abgeht; der Unterschied, zu dessen Annahme entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen nötigen, wird aber erst in späteren Entwicklungsphasen an den Nachkommen der am Aufbau des Vegetationspunktes beteiligten beiden Zellarten klar ersichtlich. —

Bei manchen niederen pflanzlichen Organismen sind wir in der Lage, die Entstehung zweier verschiedenartiger, verschieden veranlagter Zellen aus gemeinsamen Mutterzellen unmittelbar zu beobachten: die grünen Organe der Zellen verteilen sich bei der Teilung chromatophorenhaltiger Flagellaten, Konjugaten oder Grünalgen zuweilen abnormerweise derart, daß eine der beiden Tochterzellen leer ausgeht, die andere den ganzen Chromatophorenbestand erbt. Nach forgesetzter Vermehrung entsteht durch normale Teilung der Zellen eine normal grüne und eine chromatophorenlose farblose Schar; die Entwicklungsmöglichkeiten der letzteren sind beschränkt, da sie ihren Chromatophorenapparat nicht regenerieren können und farblos bleiben müssen.

Mit *Roux* unterscheiden wir auch botanischen Objekten gegenüber zwischen der Eigenart einer Zelle, die während ihrer Entwicklung zustande gekommen ist (Eigenart der entwickelten Beschaffenheit) und derjenigen, welche die Zelle bei ihrer Entstehung gehabt hat (Eigenart der gestaltenden Potenz). Die Eigenart oder *Spezietät* der Zellen[4]) zeigt nun, wenn man das Wort im zweiten Sinne nimmt und auf die gestaltende Potenz bezieht, bei den Pflanzen bei weitem nicht so tiefgreifende Unterschiede wie bei den Tieren: die unterschiedliche Spezietät der Zellen, die — wie an der erbungleichen Teilung grüner Flagellaten soeben zu zeigen war — durch differente Verteilung von Chromatophoren oder ähnlichem zustande kommt, darf in ihrer Bedeutung nicht mit der Spezietät verglichen werden, welche Epidermis- und Grundgewebezellen von einander und von den Zellen des Leitbündelsystems oder des Kambiums, die Zellen der vegetativen Organe von den Geschlechtszellen, unterscheidet. Diese und ähnliche Zellenkategorien sind in ihrer Spezietät nicht entfernt so wohlcharakterisiert wie die Zellen der Epithels und des Bindegewebes, des Soma und des Keimplasmas. Hierüber belehrt ein Blick auf das, was die Pflanzen auf dem Wege der Regeneration zu leisten imstande sind, auf ihre Fähigkeit, aus Grundgewebe Epidermis, aus Epidermis Grundgewebe, aus Rindengewebe Holzzellen zu bilden und aus allen Gewebeformen neue Kambien entwickeln zu können, und auf den Mangel dessen, was bei den Tieren als Keimbahn bezeichnet wird. Auf diesen wichtigen Punkt mußte hingewiesen werden, da mit ihm ein Unterschied zwischen Tier- und Pflanzenreich berührt wird, der für die Formulierung entwicklungsmechanischer Probleme größte Bedeutung hat, und der es erklären hilft, daß manche Begriffe der entwicklungsmechanischen Terminologie, die für die zoologische Forschung

[2]) *Küster*. Pathol. Pflanzenanatomie, 2. Aufl. 1916. p. 353 ff.

[3]) *Baur*, Das Wesen und die Erblichkeitsverhältnisse der „varietates albomarginatae hort." der Pelargonischen Zonale (Zeitschr. f. indukt. Abstammungs- u. Vererbungslehre, 1909. Bd. *I*, p. 330). *Küster*, Über weißrandige Blätter und andere Formen der Buntblättrigkeit (Biol. Zentralbl. 1919, Bd. *39*, p. 212).

[4]) Vgl. *Barfurth*, Regeneration und Involution, 1897, 515.

sich als fruchtbar erwiesen haben, für den Botaniker entbehrlich sind. —

Zum Schluß einige Worte über die von *Roux* als *funktionelle Anpassung* bezeichnete Reaktionsweise tierischer Organe und Gewebe. Die Lehre von dieser geht von der Erfahrung aus, daß Veränderung in der Funktion Veränderungen in den formalen Eigenschaften und der Leistungsfähigkeit der Gewebe und Organe veranlassen. Namentlich die „progressive Anpassungsfähigkeit" der Gewebe, d. h. ihr Vermögen, einer gesteigerten Inanspruchnahme zu genügen, ist auf Grund der Anregungen, welche die an Tieren und Menschen gewonnenen Erfahrungen gaben, auch botanischerseits wiederholt untersucht worden. Die Leistungen eines Pflanzenorgans oder eines Pflanzengewebes lassen sich nun im allgemeinen nicht in der Weise und mit der Sicherheit steigern, wie es bei manchen Organen und Geweben des tierischen Körpers der Fall ist; es gelingt nicht, die Assimilationstätigkeit eines Blattes durch Beseitigung aller übrigen gleichnamigen Organe zu steigern, und wenn wir etwa durch Entfernung einer Spreite die Nebenblätter zu „kompensatorischem Wachstum" gebracht werden sehen, so daß an Stelle unscheinbarer Organe ansehnlich große Blätter vorliegen, die auch funktionell als Ersatz für das verloren gegangene in Betracht kommen, so darf durchaus nicht gefolgert werden, daß die Operation die Nebenblätter zu gesteigerter Leistung gebracht hätte, und daß durch diese ein gesteigertes Wachstum angeregt worden wäre.

Die meisten Untersuchungen, welche die Befähigung pflanzlicher Gewebe zu funktioneller Anpassung prüfen, beziehen sich auf die mechanischen Gewebe und ihre Leistungen. Es gelingt leicht, auf Zug und Druck die Pflanzenorgane stärker in Anspruch zu nehmen als unter normalen Verhältnissen der Fall ist. Wie verhalten sich hierbei die mechanischen Gewebe? Es hat sich gezeigt, daß in der Tat bei manchen Pflanzen durch longitudinalen Zug die Bildung mechanischer Gewebe gefördert werden kann, wenn auch in nur bescheidenem Maße; die Mehrzahl der untersuchten Pflanzen bleibt unbeeinflußt.

Weiterhin gelingt es, die Leitbündel der Pflanzen in der Weise zu erhöhter Tätigkeit zu zwingen, daß man einen gesteigert lebhaften Transpirationsstrom durch sie fließen läßt. Versuche dieser Art rufen eine Verstärkung der Leitbündel hervor, doch muß es fraglich bleiben, inwieweit ihr gegenüber von einer funktionellen Anpassung gesprochen werden darf. Der den Transpirationsstrom befördernde Teil der Leitbündel sind die toten Gefäße; daß die gesteigerte Funktion dieser Gebilde den determinierenden Faktor abgibt, ist kaum wahrscheinlich; auch werden nicht die zu erhöhter Leistung gebrachten Teile selbst zur Verstärkung oder Vermehrung, sondern es werden — entsprechend der Befähigung der Pflanzen zu fortdauernder Wachstumsfähigkeit — die Kambien zur Neuproduktion leitender Elemente angeregt.

Funktionelle Anpassungen, die sich in Umlagerung von Elementen irgendwelcher Art äußern, fehlen den Pflanzen selbstverständlich durchaus — das entspricht dem Bau der Pflanzengewebe, deren Elemente ein festes Zellulosegerüst in ihrer Lage dauernd fixiert.

Ergebnisreich wird das Forschen nach funktionellen Anpassungen im Pflanzenreich hauptsächlich dann, wenn man — mit *Roux* — auch mechanisch vermittelte Anpassungen zu jenen zählt: Beispiele dafür, daß wie beim Tierkörper auch bei den Organen der Pflanzen das Wachstum durch mechanischen Widerstand gehemmt wird, an Stellen schwächsten Druckes am stärksten sich betätigt, ließen sich in großer Zahl erbringen.

Übersicht der wichtigsten Publikationen von Wilhelm Roux

Chronologisch geordnet.

1878. Über die *Verzweigungen der Blutgefäße.* Eine morphologische Studie. Mit 1 Fig.-Tafel. Diss. Jena, 1878. Jenaische Zeitschrift f. Naturwissenschaft. Neue Folge, *V.*, 1878, und separat. Jena, 1878. G. Fischer, 64 S. M. 1,50.

1879. Über die Bedeutung der *Ablenkung des Arterienstammes* bei der Astabgabe, Jenaische Zeitschr. f. Naturwiss. Neue Folge, *VI.*, S. 321—337. (Enthält bereits auch die Grundgedanken von „Kampf der Teile", 1881.)

1881. *Der Kampf der Teile im Organismus.* Ein Beitrag zur Vervollständigung der mechanistischen Zweckmäßigkeitslehre. Leipzig. Wilh. Engelmann, *VIII.*, 244 S. 4,— M. (Etwas vervollständigtes Autoreferat im Biologischen Centralblatt, Bd. *I*, 1881, S. 241—251.)

1883. Über die Zeit der *Bestimmung der Hauptrichtungen des Froschembryo.* Eine biologische Untersuchung. Mit 1 Tafel. Leipzig. Wilhelm Engelmann. 28 S.

1883. Über die *Bedeutung der Kernteilungsfiguren.* Eine hypothetische Erörterung. Leipzig. Wilh. Engelmann. 19 S.

1883. Beiträge zur *Morphologie der funktionellen Anpassung:* Nr. 1. Über die Struktur eines hochdifferenzierten bindegewebigen Organes (*der Schwanzflosse des Delphins*). Archiv f. Anatomie und Physiologie, Anatom. Abtlg., S. 76 bis 160 mit 1 Tafel.

1883. Dasselbe, Nr. 2. *Über die Selbstregulation der morphologischen Länge der Skeletmuskeln des Menschen.* Jenaische Zeitschrift f. Naturwissen-

schaften. Neue Folge, *IX.*, und separat, Jena, 1883. Gustav Fischer, 70 S.

1884. *Beiträge zur Entwickelungsmechanik des Embryo.* Nr. 2. Über die Entwickelung der Froscheier *bei Aufhebung der richtenden Wirkung der Schwere.* Breslauer ärztliche Zeitschrift von Prof. Gscheidlen, Nummer vom 22. März 1884. (Auch in den Gesammelten Abhandlungen, Bd. *II*, S. 256—276.)

1885. Beiträge zur Entwickelungsmechanik des Embryo. Nr. 1. *Einleitung* und *Orientierung über einige Probleme der embryonalen Entwickelung.* Zeitschrift für Biologie, *XXI.* 1885. S. 411—524.

1885. Dasselbe, Nr. 3. Über die *Bestimmung der Hauptrichtungen des Froschembryo* im Ei und über die erste Teilung des Froscheis. Breslauer ärztl. Zeitschr., 1885. Vorläufige Mitteilung darüber im Tageblatt der Naturforscherversammlung zu Magdeburg, 1884. S. 330 u. f. (Auch in den Gesammelten Abhandlungen, Bd. *II*, S. 277 bis 343.)

1885. Beiträge zur Morphologie der funktionellen Anpassung. — Beschreibung und Erläuterung einer *knöchernen Kniegelenks-Ankylose.* Arch. f. Anatomie und Physiologie. Anatom. Abtlg., 1885. S. 120—158.

1886. Kritische Besprechung von *H. Spitzer*; Beiträge zur Deszendenzlehre und zur Methodologie der Naturwissenschaft. Göttinger gelehrte Anzeigen, 1886. Nr. 20. (Enthält die Erklärung des *biogenetischen Grundgesetzes als ontogenetische Recapitulationsregel.*) Auch in Arch. f. Entw.-Mech., Bd. *26*, S. 498.

1887. Beiträge zur Entwickelungsmechanik des Embryo. Nr. 4. *Die Bestimmung der Medianebene des Froschembryo durch die Kopulationsrichtung* des Eikernes und des Spermakernes. Arch. f. mikroskopische Anatomie, *XXIX*, S. 157 bis 211.

1888. Beiträge zur Entwicklungsmechanik des Embryo. Nr. 5. Über die *künstliche Hervorbringung „halber" Embryonen* durch Zerstörung einer der beiden ersten Furchungszellen, sowie über die Nachentwickelung *(Postgeneration)* der fehlenden Körperhälfte. Virchows Archiv, *CXIV*, S. 133—153, 246—291.

1889. Die *Entwickelungsmechanik* der Organismen, eine anatomische Wissenschaft der Zukunft. (*Festrede.*) Wiener medicin. Presse. Dezember 1889 u. separat: Wien, 1890. Urban und Schwarzenberg.

1891. Beiträge zur Entwickelungsmechanik des Embryo. Nr. 6. Über die *„morphologische Polarisation" von Eiern und Embryonen* durch den elektrischen Strom sowie über die Wirkung des elektrischen Stromes auf die Richtung der ersten Teilung des Eies; Sitzungsberichte d. Akademie d. Wiss. zu Wien, mathem.-naturwiss. Klasse, Bd. *101*, Abtlg. 3, 1892. S. 27—228 und Denkschriften d. Akad., Bd. *58, 1891*, S. 257.

1892. *Ziele und Wege der Entwickelungsmechanik.* Ergebnisse der Anatomie und Entwickelungsgeschichte, *II*, S. 415—445. Wiesbaden.

1893. Beiträge zur Entwickelungsgeschichte des Embryo. Nr. 7. Über die *Mosaikarbeit und neuere Entwicklungshypothesen.* Anatom. Hefte, S. 279—331. Wiesbaden.

1893. Über die *Spezifikation der Furchungszellen* und über die bei der *Postgeneration und Regeneration anzunehmenden Vorgänge.* Biologisches Zentralblatt, *XIII*, Nr. 19—22.

1893. Über richtende und qualitative *Wechselwirkungen zwischen Zelleib und Zellkern.* Zoolog. Anzeiger, Nr. 342, 4 S.

1894. Die *Methoden zur Erzeugung halber Froschembryonen.* Anatomisch. Anzeiger, Bd. *IX*, Februarheft, S. 248—281.

1894. Die *funktionelle Anpassung.* Artikel in: Enzyklopädisches Jahrbuch d. gesamt. Heilkunde, Ergänzungsband *IV.* d. Enzyklop. Jahrbücher. S. 14—19.

1894. Einleitung zum Archiv für Entwickelungsmechanik: Archiv f. Entwickelungsmechanik Bd. *I*, S. 1—42.

1894. Über den Cytotropismus der Furchungszellen des Grasfrosches (Rana fusca). Ebenda, Bd. *I.* S. 43—68 und 161—201.

1894. Über in der Entwickelung zurückgebliebene Furchungszellen (Geschwulstkeime?). Tageblatt der Naturforscher-Versammlg. zu Wien. S. 358.

1895. *Gesammelte Abhandlungen über Entwickelungsmechanik der Organismen.* Leipzig, 1895. Wilh. Engelmann. 2 Bde. 48 M. *I.* Bd.: Abhandlung *I—XII.* vorwiegend über *funktionelle Anpassung* mit 3 Tafeln u. 26 Textbildern. *XV.* 816 Stn. *II.* Bd. *Abhandlung XIII—XXXIII.* über *Entwickelungsmechanik des Embryo.* Mit 7 Tafeln u. 7 Textbildern *IV.* 105 Stn. Sie enthalten die vorstehend genannten Abhandlungen der Jahre 1878—1894.

1896. Über die *Selbstordnung* (*Cytotaxis*) sich berührender Furchungszellen durch Zellenzusammenfügung, Zellentrennung u. Zellengleiten. Arch. f. Ent.-Mech. Bd. *III*, S. 381—468.

1896. Über die *Bedeutung „geringer" Verschiedenheiten der relativen Größe der Furchungszellen* für den Charakter des Furchungsschemas, nebst Erörterung über die nächsten Ursachen der Anordnung und Gestalt der ersten Furchungszellen: Ebenda, Bd. *IV*, S. 1—74.

1896. Über den Anteil von *Auslösungen an der individuellen Entwickelung*, Ebenda, Bd. *IV*, S. 327 bis 340.

1896. Über die Dicke der statischen Elementarteile und über die *Maschenweite der Substantia spongiosa der Knochen.* Zeitschr. f. orthopädische Chirurgie, *IV*, 23 S.

1896. Über die *polare Erregung der lebendigen Substanz* durch den elektrischen Strom. Pflügers Archiv, *Bd. LXIII.*

1897. *Für unser Programm und seine Verwirklichung.* Arch. f. Entw.-Mech. *Bd. V.* Separat unter dem Titel: *Programm und Forschungsmethoden der Entwicklungsmechanik der Organismen.* Leichtverständlich dargestellt. Zugleich eine Erwiderung auf *O. Hertwigs* Schrift: Biologie und Mechanik. Leipzig, 1897. Wilh. Engelmann. *IV.* 203 S. Mk. 3,—.

1900. Die Notwendigkeit der zweiten Prüfung in Anatomie und Physiologie oder überwiegend *realistischer Vorbildung der Studierenden der Medicin.* Anatomisch. Anzeiger. *XVII.* 1900. No. 4 u. 5.

1902. Über die *Selbstregulation der Lebewesen.* Arch. *f. Entw.-Mech.* Bd. *XIII.* 1902. S. 610—661.

1903. Über die *Ursachen der Bestimmung der Hauptrichtungen des Embryo* im Froschei. Anatom. Anzeiger, *XXIII.* No. 4—7.

1905. *Die Entwicklungsmechanik,* ein neuer Zweig der biologischen Wissenschaft. Mit 2 Tafeln u. 1 Textfigur. Leipzig. Wilh. Engelmann, *XIV.* 283 S. 5 M. (Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik der Organismen. Herausgeg. von *Wilh. Roux.* 1. Heft.)

1906. Die *angebliche künstliche Erzeugung von Lebewesen.* Die Umschau, Zeitschrift, 1906. No. 8.

1906. Über die *funktionelle Anpassung des Muskelmagens* der Gans. Arch. f. Entw.-Mech. *Bd. 21.* S. 461—500.

1907. Über die *Verschiedenheit der Leistungen der descriptiven und der experimentellen Forschungsmethode.* Arch. f. Entw.-Mech. *Bd. 23.* S. 344 bis 355.

1908. Weitere Bemerkungen über *Psychomorphologie u. Entwickelungsmechanik.* Arch. f. Entw.-Mech. *Bd. 25.* S. 720—725.

1908. Eine Methode der *Selbstcopulation von Tropfen.* Zeitschrift f. biolog. Technik u. Methodik, von *Gildemeister. Bd. I.* S. 16—25.

1909. *Können wir die Faktoren und die gestaltenden Wirkungsweisen der „typischen" Entwickelungsvorgänge der Lebewesen ermitteln?* Adresse, Verlesen auf dem 7. internation. Zoologen-Congreß im August 1907 zu Boston. Cambridge 1909.

1911. Die vier *causalen Hauptperioden der Ontogenese, sowie das doppelte Bestimmtsein* der organischen Gestaltungen. Mitteilungen d. Naturforsch.-Gesellsch. zu Halle a. d. S. Bd. *I,* S. 1—13.

1912. *Anpassungslehre, Histomechanik und Histochemie.* Mit Bemerkungen über die Entwickelung und *Formgestaltung der Gelenke.* Berichtigungen zu *R. Thomas'* gleichnamigem Aufsatz. Virchows Archiv f. patholog. Anat. etc. *Bd. 209.* S. 168—209.

1912. *Entwicklungsmechanik* der tierischen Organismen. Artikel in der Internation. Monatsschrift f. Wiss., Kunst und Technik. Berlin, Januar, 1912. 15 S.

1913. *Terminologie der Entwickelungsmechanik* der Tiere und Pflanzen. In Verbindung mit *Correns, Fischel* und *Küster* herausgegeben von *W. Roux.* Leipzig. 465 S.

1913. Über *causale und konditionale Weltanschauung* und deren Stellung zur Entwickelungsmechanik. Leipzig. 66 S.

1913. Über die bei der *Vererbung von Variationen anzunehmenden Vorgänge* nebst einer Einschaltung über die Hauptarten des Entwickelungsgeschehens. *Roux'* Vortr. u. Aufs. No. 19. 68 S.

1914. *Die Selbstregulation,* ein charakteristisches und nicht notwendig vitalistisches Vermögen aller Lebewesen. Nova acta, Abhdl. d. Leopoldin.-Carolin.-Deutsch. Acad. d. Naturforsch. *Bd. 100.* 91 S.

1916. Die *Entwicklungsmechanik.* In: Das Land *Goethes.* Ein vaterländisches Gedenkbuch. S. 102—106. Stuttgart.

1918. Bemerkungen zur Abhandlung *Belogolowy's* über *Parasitismus von Embryonen* und die dabei entstehenden *bösartigen Geschwülste.* Arch. f. Entw.-Mech. *Bd. 53.* S. 682—693.

1918. Hat die *Betriebsseele das Vermögen zu „direkten" Gestaltungswirkungen?* Gibt es eine besondere *Gestaltungsseele?* Anfrage an die Psychiater. Arch. f. Psychiatrie u. Nervenkrankheiten, *Bd. 59.* Festschrift für *G. Anton.*

1918. *„Immunisierung durch Teilauslese"* gegen Vergiftung und verminderte Ernährung. Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankh. *Bd. 87.* S. 283 bis 302.

1918. Kritische Besprechung über: *O. Hertwig,* das Werden der Organismen. Arch. f. Entw.-Mech. *Bd. 43.* S. 391—398.

1920. Bemerkungen zur *Analyse des Reizgeschehens und der funktionellen Anpassung* sowie zum Anteil dieser Anpassung an der Entwickelung des Reiches der Lebewesen. Arch. f. Entw.-Mech. *Bd. 46.*

G. Wetzel.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 24. (Seite 461—484) **11. Juni 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Naturphilosophische Betrachtungen über das Kausalprinzip. Von *Moritz Schlick*, *Rostock*. S. 461.

Zuschriften an die Herausgeber:

Zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie an der Beobachtung. Von *L. Silberstein*, *London*, und von *M. v. Laue*, *Berlin*. S. 474.

Zur Physiologie der Lebensdauer. Von *v. Bonin*, *Heidelberg*, und von *A. Pütter*, *Bonn*. S. 475.

Zoologische und botanische Mitteilungen:

Das Schema der Wirbeltieraugen. Über die Hornzähne der Zyklostomen und ihre phylogenetische Bedeutung. Keimdrüsentransplantationen beim Schwammspinner. Das Webersche Gesetz in der Pflanzenphysiologie. Über die Erregung der Protoplasmaströmung durch verschiedene Strahlenarten. Neuere Arbeiten über Photo- und Geotropismus. Reversion in orientation to light in the colonial forms. The relation between spectral color and stimulation in the lower organism. Neue Methode der Kohlenwasserstoffanalyse mit Hilfe von Bakterien. Über Variabilität und Erblichkeit. S. 476—480.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Über den Dissoziationszustand der Fixsterngase. Zur Kenntnis des grünen Strahls. Eine Theorie der Flußmäander. Die Luftstickstoffindustrie in Amerika. Einheitliche Elektrizitätsversorgung in England. Ein neues Verfahren zur Gewinnung von Argon. Ein neuer Gas-Sparbrenner. Die Ursachen der Klimaschwankungen der Vorzeit, besonders der Eiszeiten. S. 480—484.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Naturwissenschaftliche Monographien und Lehrbücher

herausgeg. von den Herausgebern der „Naturwissenschaften" **Arnold Berliner** und **August Pütter**

Erster Band:

Allgemeine Erkenntnislehre

Von **Moritz Schlick**

1919. Preis M. 18.—; gebunden M. 20.40

Vorzugspreis für die Abonnenten der „Naturwissenschaften" M. 14.40; gebunden M. 16.80

(Hierzu Teuerungszuschläge)

Aus den Besprechungen: . . . Die „Allgemeine Erkenntnislehre" teilt der Verfasser in drei Abschnitte die er „Das Wesen der Erkenntnis", „Denkprobleme" und „Wirklichkeitsprobleme" überschreibt. „Erkennen" — so lautet das Ergebnis des ersten Teils — „heißt, die Tatsachen durch Urteile bezeichnen, aber so, daß eine möglichst geringe Anzahl von Begriffen benutzt und dennoch eine eindeutige Zuordnung erreicht wird." . . . Ebenso schlicht wie der Begriff der Erkenntnis wird der Wahrheitsbegriff eingeführt: „Wahr" ist nichts als „eindeutige Bezeichnung". Es ist überraschend, mit welchem Erfolge der Verfasser an der Hand dieser so unscheinbaren Wesensbestimmung das Problem der Wahrheit angreift. In einem besonderen Abschnitt „Was Erkenntnis nicht ist", setzt er sich mit den überkommenen Lehren auseinander und zeigt einleuchtend, daß nur von seinem so überaus einfach bestimmten Standpunkt aus der Mensch imstande ist „eine der herrlichsten Blüten menschlicher Kultur zu pflücken, deren Duft ihn in jenen Rausch des Erkennens versetzt, der von den nicht Schlechtesten unter uns allem anderen Glücke vorgezogen wurde, indem sie ihr Leben der Erkenntnis weihten." . . . Der zweite Teil behandelt das Problem der analytischen Urteile, die Regeln der Verknüpfung der Urteile und Begriffe und ihr Verhältnis zu den psychischen Vorgängen, durch die sie im Bewußtsein dargestellt werden. Der dritte Teil, der weitaus umfangreichste des ganzen Werkes, ist dem Problem der synthetischen Urteile gewidmet; es wird darin die Antwort auf die Frage nach dem „Wirklichen" gesucht. Anknüpfend an den Wirklichkeitsbegriff der natürlichen Weltansicht wird der Satz aufgestellt: „Wirklich ist alles, was zu einer bestimmten Zeit seiend gedacht werden muß." Da viele Gegenstände zeitlich bestimmt gedacht werden können, die nicht zu dem unmittelbar Gegebenen gehören, so ergibt sich daraus die Existenz von Dingen an sich. Der Kenner übersieht die Tragweite dieser Festsetzung und den Gegensatz, in welchen Verfasser sich dadurch zu den philosophischen Richtungen der Gegenwart begibt. In der Tat setzt er sich mit den Positivisten und Neukantianern in ausführlichster Weise auseinander. An der Hand einer eingehenden Kritik der Kantschen Lehre wird dann der Aufbau des Systems in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der exakten Forschung im oben dargelegten Sinne vollzogen. Das Werk schließt mit einer Rückweisung von Kant zu Hume, über den noch wesentlich hinauszuschreiten Schlick für unmöglich hält . . .

„Monatsschrift für höhere Schulen", XVIII. Jahrg., 9./10. Heft

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 18.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.80.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztewelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.
Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a. Rh.

Lichtbilder
für Projektion
aus allen Gebieten der Wissenschaft, Kunst, Völkerkunde etc.
Projektionsapparate
A. Krüss
Optisch-Mechanische Werkstätten
Inhaber: Dr. **Paul Krüss,**
Hamburg 11. (192)

Mineralien, Gesteine, Petrefakten,
Einzelstücke und Sammlungen,
alle naturwissenschaftlichen Lehrmittel
Dr. Paul Michaëlis
Sächs. Mineralien- u. Lehrmittelhandlung
Dresden-Blasewitz 2, Schubertstraße 8
Liste 1919 über Mineralien, Gesteine u. Petrefakten kostenlos.

Freunde der Himmelskunde
ladet die „Vereinigung v. Freunden d. Astron. u. kosm. Physik"
(Vors. Geh. R. Foerster, Bornim-Potsdam) zum Beitritt ein.
Näheres und Probehefte der „Himmelswelt" durch (180)
Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin S.W. 68.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Lehrbuch der Geschichtsphilosophie

Von Dr. **Georg Mehlis**
Professor an der Universität Freiburg i. Br.

1915. Preis M. 20.—; gebunden M. 23.— (+ Teuerungszuschläge)

Inhalt: Vorbemerkungen. — Erster Teil: Probleme der Geschichtsphilosophie oder Theorie der Geschichte und Universalgeschichte. — Erstes Buch: Geschichtsphilosophische Grundfragen. — Zweites Buch: Geschichtsphilosophische Einzelprobleme. — Zweiter Teil: Die Geschichte der Geschichtsphilosophie. — Dritter Teil: Das System der Geschichtsphilosophie oder inhaltliche Konstruktion der Universalgeschichte.

Deutsche Philosophie

Ein Lesebuch

Herausgegeben von Dr. **Paul Przygodda**

1916. Preis M. 8.—; gebunden M. 10.60 (+ Teuerungszuschläge)

Zweiter Band. (Von J. G. Fichte bis E. v. Hartmann)

Inhalt: J. G. Fichte. — F. W. J. v Schelling. — W. v. Humboldt. — F. E. D. Schleiermacher. — F. v. Baader. — A. Schopenhauer. — K. C. F. Krause. — G. W. F. Hegel. — J. F. Herbart. — J. Fries. — B. Bolzano. — L. Feuerbach. — G. Th. Fechner. — H. Lotze. — E. v. Hartmann.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 11. Juni 1920. Heft 24.

Naturphilosophische Betrachtungen über das Kausalprinzip.

Von Moritz Schlick, Rostock.

1. Kausalität und Naturgesetzlichkeit.

Das Kausalprinzip ist nicht selbst ein Naturgesetz, sondern vielmehr der allgemeine Ausdruck der Tatsache, *daß* alles Geschehen in der Natur ausnahmslos gültigen Gesetzen unterworfen ist.

Das Wort Natur denken wir uns dabei im weitesten Sinne genommen, so daß alles Wirkliche überhaupt unter diesen Begriff fällt. Dies hindert nicht, daß wir im folgenden die Wirklichkeit ausschließlich in der Form betrachten, in welcher die Naturwissenschaft sie uns darstellt, nämlich als raum-zeitliche Mannigfaltigkeit.

Zwischen dem Prinzip der Kausalität und den Naturgesetzen besteht also nicht ein Verhältnis der Koordination, sondern jenes ist diesen übergeordnet; und von einer Formulierung des Prinzips muß man verlangen, daß sie dieses Verhältnis richtig zum Ausdruck bringt. Diese Forderung wird z. B. erfüllt durch die von *Kant* in der ersten Auflage der Kritik der reinen Vernunft für den Kausalsatz aufgestellten Formel, welche lautet: „Alles, was geschieht, setzt etwas voraus, worauf es nach einer Regel folgt.“ Hier wird deutlich gesagt, daß Kausalität bedingt ist durch das Vorhandensein von Regeln, welche die Aufeinanderfolge der Ereignisse bestimmen, und diese Regeln sind eben die Naturgesetze.

Nach dem Kausalprinzip ist jeder beliebige Vorgang V als „Wirkung“ eines vorhergehenden Vorganges U (der „Ursache“) aufzufassen und durch ihn vollkommen bestimmt zu denken. Es behauptet also, daß jedes Ereignis eine Ursache habe, sagt aber nichts darüber, wie sie beschaffen und zu finden sei. Das Kausalprinzip lehrt uns, daß zu jedem V ein U gehört; diese Aussage hat nur Sinn unter der Voraussetzung, daß es Regeln gibt, die angeben, welche Vorgänge U es denn nun sind, die zu gewissen gegebenen Vorgängen V als deren Ursache gehörten. Nur dadurch, daß solche Regeln gelten, wird V durch U bestimmt. Die Behauptung der durchgehenden Bestimmtheit der Ereignisse, welche das Kausalprinzip ausspricht, ist daher identisch mit der Behauptung des durchgehenden Bestehens von Naturgesetzen.

Hiernach möchte es scheinen, als müsse jedes Gesetz die Termini Ursache und Wirkung enthalten, da es ja doch eine Verknüpfung zwischen ihnen behaupte. Das ist aber bekanntlich nicht der Fall. Im Gegenteil, gerade in der strengsten Formulierung der Naturregeln, wie sie in der mathematischen Physik vorliegt, begegnen uns jene Begriffe überhaupt nicht. Weder ist es so, daß in den Gleichungen der Naturwissenschaft etwa die linke Seite der Ursache, die rechte der Wirkung entspräche, noch gelingt es im allgemeinen, durch Einführung jener beiden Worte mit Hilfe einer sprachlichen Umformung den Sinn der Gleichung adäquat wiederzugeben. Spricht dies nicht gegen die soeben entwickelte Auffassung des Kausalsatzes?

In Wahrheit liegt kein Widerspruch vor, sondern es bestehen nur gewisse Schwierigkeiten in der tatsächlichen Anwendung der Begriffe Ursache und Wirkung, die dem philosophischen Denken von altersher zu schaffen machten, die aber die moderne Wissenschaft in ihrer strengen Formulierung der Naturgesetze vollkommen gemeistert hat, wobei freilich von causa und effectus explizite nicht mehr die Rede war.

Die bedeutsamste dieser Schwierigkeiten entsteht aus der Erkenntnis der unendlichen Verkettung aller Naturvorgänge untereinander. Sie bewirkt, daß genau betrachtet jedes Geschehen von jedem andern Geschehen in der Welt abhängt; der Fall eines Blattes wird schließlich durch die Bewegungen sämtlicher Gestirne beeinflußt, und schlechthin unvollendbar wäre die Aufgabe, zu einem beliebigen, bis ins letzte Detail bestimmt gedachten Vorgange seine „Ursache“ in absoluter Vollständigkeit anzugeben. Man würde dazu nichts Geringeres als die Gesamtheit der bis dahin abgelaufenen Zustände des Universums heranzuziehen haben.

Diese Uferlosigkeit wird nun zum Glück durch die Erfahrung alsbald beträchtlich eingeschränkt. Sie lehrt, daß der gegenseitigen Abhängigkeit aller Ereignisse voneinander in der Natur gewisse leicht formulierbare Bedingungen auferlegt sind. Zunächst nämlich zeigt sich, daß das Geschehen in einem Moment nur bestimmt wird durch die Ereignisse des unmittelbar vorhergehenden Moments, daß also die Abhängigkeiten sich nicht unvermittelt über zeitliche Fernen erstrecken. Unter der Voraussetzung, daß diese Erfahrungseinsicht allgemein gültig ist, kann man dann den Kausalsatz in der Form aussprechen: „Der Zustand der Welt während eines Zeitdifferentials ist durch ihren Zustand während des voraufgehenden Zeitdifferentials eindeutig bestimmt“, aber natürlich ist auch diese Formulierung noch praktisch wertlos, da eben der Gesamtzustand des Universums niemals in der Erfahrung gegeben ist.

Eine immer weiter ausgedehnte und immer besser bestätigte Empirie hat es nun aber sehr wahrscheinlich gemacht, daß das soeben für die zeitliche Abhängigkeit Bemerkte gleichfalls für die räumliche gilt: im Raume gibt es nach dem Ausweis der Erfahrung ebensowenig eine Fernwirkung wie in der Zeit; die in einem Raumpunkte sich abspielenden Naturprozesse sind also vollständig bestimmt durch diejenigen in seiner unmittelbaren Nachbarschaft und nur indirekt, nämlich durch die Vermittelung der letzteren, hängen sie auch von entfernteren Vorgängen ab. (Die Vermittlung könnte auch diskontinuierlich erfolgen, so daß endliche *Differenzen* an die Stelle der Differentiale zu treten hätten. Die Erfahrungen der Quantentheorie warnen davor, diese Möglichkeit aus dem Auge zu verlieren.) Sofern man dies als allgemeingültig betrachten darf, ist damit die Möglichkeit einer brauchbaren Formulierung kausaler Abhängigkeit gegeben, die den besprochenen Bedenken nicht mehr ausgesetzt ist.

Denn wenn wir jetzt einen beliebigen durch eine geschlossene Fläche begrenzten Raumteil ins Auge fassen und nach den Ursachen des Geschehens innerhalb desselben fragen, so brauchen wir alle außerhalb gelegenen Vorgänge nicht mehr in Betracht zu ziehen, sondern dürfen uns auf den Raumteil selbst und auf seine Grenze beschränken, denn alle von außen kommenden Wirkungen müssen ja die Grenzfläche einmal „passieren", und es genügt, wenn wir sie von diesem Augenblick an verfolgen können. Wir brauchen also nur den Zustand an der Oberfläche während einer bestimmten Zeit zu kennen, und außerdem den Zustand in dem gesamten Raumteil zu Anfang dieser Zeit, um alle während jener Zeit im Innern sich abspielenden Prozesse vollständig angeben zu können, also lauter Größen, die im Prinzip der Erfahrung restlos zugänglich sind. Dies ist eine dem mathematischen Physiker wohlbekannte Wahrheit: sind die „Anfangsbedingungen" und die „Grenzbedingungen" gegeben, so ist alles Geschehen in dem betrachteten Gebiet durch die Differentialgleichungen der Physik eindeutig bestimmt und zu berechnen. Das ist also die nunmehr einwandfreie und erfahrungsmäßig prüfbare Form, in welcher der Kausalsatz in der exaktesten Wissenschaft erscheint, und die er, wie gesagt, nur unter der Voraussetzung der Nichtexistenz von Fernkräften annehmen konnte. Daß das Geschehen in einem Punkte allein von denjenigen Vorgängen abhängt, die sich in seiner unmittelbaren zeitlichen und räumlichen Nachbarschaft abspielen, kommt darin zum Ausdruck, daß Zeit und Raum in den Formeln der Naturgesetze als unendlich kleine Größen auftreten, d. h. diese Formeln sind Differentialgleichungen. Wir können sie in leicht verständlicher Terminologie auch als *Mikrogesetze* bezeichnen. Durch den mathematischen Prozeß der Integration gehen aus ihnen die *Makrogesetze* (oder Integralgesetze) hervor, welche nun die Naturabhängigkeiten in ihrer Erstreckung über räumliche und zeitliche Fernen angeben. Nur die letzteren fallen in die Erfahrung, denn das unendlich Kleine ist nicht beobachtbar. Die in der Natur herrschenden Differentialgesetze können daher nur aus den Integralgesetzen gemutmaßt und erschlossen werden, und diese Schlüsse sind streng genommen niemals eindeutig, da man den beobachteten Makrogesetzen stets durch verschiedene Hypothesen über die zugrunde liegenden Mikrogesetze gerecht werden kann. Unter den verschiedenen Möglichkeiten wählt man natürlich diejenige, die sich durch die größte Einfachheit auszeichnet. Es ist das Endziel der exakten Naturwissenschaft, alles Geschehen auf möglichst wenige und möglichst einfache Differentialgesetze zurückzuführen.

Denken wir uns dies Endziel erreicht, so ist eben jener Satz, daß die Mikrogesetze im Verein mit den Anfangs- und Grenzbedingungen den Ablauf aller Vorgänge in dem umgrenzten Bezirk eindeutig bestimmen, mit dem Kausalsatz identisch.

Wollen wir die Kausalbegriffe in der alten Form verwenden, so werden wir den Gesamtzustand des Bezirks während eines Zeitdifferentials als Wirkung des unmittelbar vorhergehenden und als Ursache des direkt folgenden Gesamtzustandes zu betrachten haben. Es ist aber klar, daß dies nur eine von vielen möglichen Arten ist, die infolge der gegenseitigen Abhängigkeit bestehende eindeutige Bestimmtheit aller Zustände zu formulieren. Man kann ebensogut irgend einen Zustand des Systems als Ursache eines *beliebigen* später folgenden ansehen, wenn das Interesse sich gerade auf diese beiden, nicht auf die dazwischenliegenden konzentriert. Dagegen erlaubt der Sprachgebrauch nicht, einen Zustand als Ursache irgend eines *voraufgegangenen* zu bezeichnen, obwohl (immer die Bekanntheit der Grenzbedingungen vorausgesetzt) dieser sich aus jenem mit Hilfe der strengen Naturgesetze genau so leicht ergibt wie umgekehrt. Bei den sogenannten Minimalprinzipien der theoretischen Physik werden Anfangs- und Endzustand als feste Daten betrachtet, von denen alle dazwischen liegenden Vorgänge abhängen und aus denen sie sich berechnen lassen. Es besteht hier also eine große Willkür der Auffassung, es ist eigentlich jede berechtigt, sofern sie nur die durchgehende vollkommene Bestimmtheit des Ganzen unangetastet läßt. Das sollte man sich vor allem bei Untersuchungen über die Verschiedenheit und die Berechtigung der kausalen und der finalen oder teleologischen Anschauungen vor Augen halten; manche falsche Fragestellung auf diesem Gebiete ist der Unklarheit in bezug auf die besprochenen einfachen Verhältnisse entsprungen.

Den durchgängigen Zusammenhang der Vorgänge untereinander, der seinen Ausdruck in der unabänderlichen Bestimmtheit alles Geschehens

findet, dürfen wir als einen *kausalen*[1]) bezeichnen; die Kausalbegriffe Ursache und Wirkung aber werden wir nur als eine Formulierung — und nicht als die glücklichste — ansehen, die jenen Tatbestand wiederzugeben sucht. Die beiden Begriffe behalten eine hervorragende praktische Brauchbarkeit besonders in den Fällen, wo die Abhängigkeiten der Natur sich in gewisser Weise voneinander isolieren lassen und die Anwendung der *Mill*schen Regeln der Induktion gestatten, durch die man dann zur Auffindung der Makrogesetze gelangt. Durch experimentelle Veranstaltungen bemüht man sich, den einfachsten Fall zu realisieren, daß man nämlich eine Größe A um einen Betrag ΔA ändert (= Vorgang U in unserer früheren Bezeichnungsweise) und die Änderung einer Bröße B um den Betrag ΔB beobachtet (= Vorgang V), während der Einfluß aller übrigen Abhängigkeiten unmerkbar klein gesetzt ist.

Wie nun die auf solchen Wegen gewonnenen Makrogesetze aufeinander reduziert und schließlich als Resultate universeller Mikrogesetze gedeutet werden, das ist eine methodische Frage, die für unsern gegenwärtigen Zweck außer Betracht bleiben kann.

2. Die Gleichförmigkeit der Natur.

Die einzelnen Regeln, welchen der Ablauf der Naturprozesse folgt, lernen wir allein durch die *Erfahrung* kennen. Darüber besteht seit *Hume* und *Kant* kein ernstlicher Zweifel mehr. Um zu wissen, welchen Vorgang V irgend ein U nach sich zieht, müssen wir U und V wenigstens einmal beobachtet haben. Wir vermögen also einen kausalen Zusammenhang in der Natur nur dann zu erkennen, wenn in ihr gleiche Vorgänge wiederkehren; denn wenn jedes Ereignis in der Welt vollkommen neu und noch nie dagewesen wäre, so wüßten wir ja nie, was für ein Ereignis als Folge dazu gehört, es mangelte den Kausalbegriffen an jeder Möglichkeit der Anwendung, wir kämen gar nicht zu ihrer Aufstellung.

An diesem Punkte könnte man versucht sein, zwei Bedenken zu erheben. Erstens könnte man meinen, es sei sehr wohl möglich, mit Hilfe der Naturgesetze die Wirkung noch nie dagewesener Ursachen zu bestimmen. Wenn z. B. ein Ingenieur eine ganz neuartige Brücke baut, so weiß er ihre Tragfähigkeit, ihre Spannungsverhältnisse usw. vorher anzugeben, obwohl doch die Brückenkonstruktion durch ihn überhaupt zum erstenmal zur Existenz gelangt. Hierauf ist natürlich zu entgegnen, daß solche Komplexe, die als etwas Neues in unserer Erfahrung auftreten, sich in den gedachten Fällen zerlegen lassen in Teile, die für sich bereits beobachtet waren, und die nun in ihrer Kombination dem Ganzen äquivalent sind. Und die Kombination selber bedeutet auch nicht etwas ganz „Neues", da der Einfluß (oder die Einflußlosigkeit) des Kombinierens gleichfalls schon bekannt war.

Der zweite Einwand, der sich erheben ließe, geht tiefer. Er behauptet, daß genau Gleiches in der Welt überhaupt nicht vorkomme. Denn „die Natur ist nur *einmal* da" (*Mach*, Die Mechanik[3], S. 474), und da jeder Vorgang in ihr mit allen andern zusammenhängt, so ist ein beliebiges Geschehen streng genommen völlig einzigartig und kehrt in genau gleicher Gestalt niemals wieder. Es scheint also, als dürfe das Vorkommen streng gleicher Vorgänge nicht zur Bedingung der Aufstellung des Kausalsatzes gemacht werden. — Gegen diesen Einwand muß man geltend machen, daß das Erscheinen absolut gleicher Prozesse, dessen Unmöglichkeit prinzipiell zugegeben werden kann, für den gedachten Zweck auch nicht erforderlich ist, sondern daß eine weitgehende Ähnlichkeit statt der völligen Gleichheit genügt. Denn durch Abstraktion der unwesentlichen und störenden Momente wird die Ähnlichkeit für unser Bewußtsein in Gleichheit übergeführt. Mit Recht hat man daher auf die Rolle der Abstraktion bei der Bildung und Anwendung der Kausalbegriffe hingewiesen (*Mach* a. a. O., *B. Erdmann*, „Über Inhalt und Geltung des Kausalgesetzes", S. 9 f.). Es ist aber zu betonen, daß es im allgemeinen in Wirklichkeit gar keines Abstraktionsprozesses bedarf, um Gleichheiten in Ähnlichkeiten aufzufinden, denn die Tatsachen der Bewußtseinsschwelle sorgen von selbst dafür, daß geringe Unterschiede in den beobachteten Ereignissen unbemerkt bleiben, und daß ein Gleichheitserlebnis sich einstellt, wo in Wahrheit nur eine Ähnlichkeit vorgelegen haben kann. Dies letztere lehrt uns aber meist nur die theoretische Überlegung: nur die Einsicht in die gegenseitige Verschlungenheit aller Vorgänge zwingt uns, die Verschiedenheit auch derjenigen Vorgänge oder Gegenstände zu behaupten, die wir gemeinhin als gleich ansehen. Es ist also meist gerade umgekehrt als man es darzustellen pflegt: nicht zur Herausschälung von Gleichheiten aus beobachteten Ähnlichkeiten bedarf es einer besonderen intellektuellen Anstrengung, sondern es sind im Gegenteil ziemlich weitgehende wissenschaftliche Erkenntnisse nötig, um uns zu überzeugen, daß nur die Unvollkommenheit unserer Sinne uns die Abwesenheit von Unterschieden vortäuscht, die in Wirklichkeit vorhanden sein müssen. Vergeblich würden wir uns bemühen, die Verschiedenheit zweier Pendelschläge einer guten Uhr zur Wahrnehmung zu bringen: wir können sie nur theoretisch-deduktiv erschließen. Und dieses Schließen geschieht nach Regeln, die ihrerseits auf der Beobachtung von Gleichmäßigkeiten beruhen.

So bleibt denn unanfechtbar bestehen, daß wir zu keiner *Kenntnis* von Kausalzusammenhängen gelangen und überhaupt den Begriff eines solchen nicht bilden würden, wenn es in der Welt keine

[1]) Im Gegensatz zum funktionalen, welcher nicht eine reale, sondern eine rein begrifflich-analytische Beziehung bedeutet, wie sie etwa zwischen den Zahlen x und $\log x$ besteht.

„gleichen" Gegenstände oder Vorgänge gäbe, wobei das Wort „gleich" allerdings nicht in seiner allerstrengsten Bedeutung zu nehmen ist.

Wenn wir aber auch in einem Universum ohne Gleichförmigkeit keine Gesetze und folglich keine Kausalität zu *erkennen* vermöchten, so kann man vielleicht doch fragen, ob nicht dessen ungeachtet Kausalität in einer derartigen Welt *vorhanden sein* kann. Eine solche Frage darf jedoch nur mit der größten Vorsicht gestellt werden. Gewiß ist es rein begrifflich etwas anderes, ob wir nach einem objektiven Bestehen der Kausalität forschen oder nach ihrer *Konstatierbarkeit*, aber es wäre natürlich vollkommen müßig, nach der Existenz einer Sache zu fragen, von der wir wissen, daß sie unserer Kenntnis prinzipiell und absolut entzogen wäre, wenn sie existierte. Über schlechthin unprüfbare und folglich falsch gestellte Fragen geht die Wissenschaft mit Recht zur Tagesordnung über. Dagegen bekäme die Problemstellung einen Sinn, wenn jene Unmöglichkeit der Feststellung nicht eine absolute, sondern mehr praktischer, zufälliger Natur wäre. Dieser Fall verdient wohl, ins Auge gefaßt zu werden. Es wäre möglich, daß das Bestehen von Kausalität in der Natur sich mit einem *Merkmal* verknüpfte, das zwar prinzipiell erfahrbar ist, uns aber doch nur zum Bewußtsein kommen und in seiner Bedeutung erkannt werden kann, wenn Gleichförmigkeit des Geschehens sich damit verbindet. Dieses Merkmal könnte entweder in dem Vorhandensein von *Naturgesetzen auch ohne Gleichförmigkeit* bestehen oder in einem noch unbekannten Moment, das in der Geltung der Naturgesetze nur seinen Ausdruck findet. Jedenfalls wäre dann Gleichförmigkeit nicht mehr *das* wesentliche Merkmal der Kausalität, sondern nur ein unentbehrliches Mittel, um den Gedanken der Gesetzmäßigkeit überhaupt zu fassen und daraufhin jenes andere Moment als wesentliches Merkmal der Kausalität zu deuten.

Es ist eine verbreitete Meinung, daß die Dinge sich wirklich so verhalten wie hier geschildert, und schon deswegen müssen wir diese Ansicht ernstlich prüfen. Wir untersuchen also zunächst, ob der Begriff der Kausalität auch sinnvoll anwendbar ist auf eine Welt, in der gleiche Vorgänge sich nie wiederholen. Da Kausalität jedenfalls durchgängige Gesetzmäßigkeit bedeutet, so lautet also unsere Frage: Ist die Gleichförmigkeit der Natur eine wesentliche Bedingung dafür, daß sie von Gesetzen beherrscht wird, oder ließe sich die Welt auch dann festen Regeln unterworfen denken, wenn in ihr auf gleiche Vorgänge stets verschiedene folgten?

Die Frage läßt sich auch so formulieren: Muß jedes Naturgesetz *allgemein* sein, d. h. auf eine Mehrzahl realer Fälle passen, die nur durch Raum und Zeit getrennt sind — oder sind auch *individuelle* Naturgesetze möglich, derart, daß jeder Vorgang in der Welt seiner eigenen, besonderen Regel folgt, die für keinen andern gilt und daher jede Gleichförmigkeit im Universum ausschließt? Könnte man auch im letzteren Falle sagen, die Welt unterstehe restlos der Kausalität, weil ja doch für jedes Geschehen in ihr ein Gesetz seines Verlaufs da sei, nach dem es sich richtet?

Um die Frage zu beantworten, wollen wir überlegen, ob es möglich ist, Gesetze von solcher Form zu konzipieren, wie es dem Gedanken der individuellen Kausalität entspricht.

Nichts erscheint leichter als das!

Wir brauchen nur anzunehmen, daß in den mathematischen Ausdruck der Naturgesetze Raum und Zeit explizite eingehen, und zwar als Argumente nichtperiodischer Funktionen. Denn wenn das Weltgeschehen durch Regeln dieser Art bestimmt wird, können im Universum auf gleiche Vorgänge niemals gleiche Wirkungen, sondern immer nur andere folgen. Käme nämlich je während eines Zeitdifferentials ein schon einmal dagewesenes Ereignis wieder, so müßte es ein anderes Ereignis nach sich ziehen als in allen übrigen Fällen seines Vorkommens, weil das Folgeereignis nach unserer Annahme durch die räumlichen und zeitlichen Bestimmungen des Antezedens mitbedingt wäre, und diese sind eben jedesmal andere. Zwei *gleiche* Ereignisse müssen sich immer durch Ort oder Zeit ihres Auftretens unterscheiden, denn täten sie das nicht, sondern stimmten auch in diesen Beziehungen überein, so läge nicht Gleichheit, sondern Identität vor: wir hätten es überhaupt nur mit einem einzigen, nicht mit zwei Vorgängen zu tun.

Das Geschehen in einer derartigen Welt wäre ganz und gar chaotisch. Jede Regelmäßigkeit wäre aufgehoben. Irgendein chemischer Versuch beispielsweise würde bei solcher Ordnung der Dinge ein anderes Resultat ergeben, je nachdem er in diesem Zimmer oder nebenan, jetzt oder nach einer Viertelstunde angestellt würde: aber auch die ganze Umgebung müßte sich geändert haben nebst dem Beobachter selber, dessen persönliche Identität unter solchen Umständen vielleicht gar nicht erhalten bleiben könnte. Es ist zweifelhaft, ob ein so unordentliches Universum selbst unter gewissen stark einschränkenden Voraussetzungen für uns auch nur vorstellbar wäre.

In einer derartigen Welt hätten Raum und Zeit absolute Bedeutung. Denn wenn die Koordinaten des Raumes und der Zeit in der gedachten Weise in alle Naturgesetze eingehen, so müssen sie auf ein ganz bestimmtes Bezugssystem bezogen werden, sonst wäre das Geschehen nicht eindeutig festgelegt. Ein Wechsel des Bezugssystems würde eine ganz andere Formulierung der Naturgesetze nötig machen: die räumlichen und zeitlichen Bestimmungen wären also nicht relativ. Hierauf wird noch zurückzukommen sein.

Was für ein Schluß läßt sich aus dem Ergebnis unseres Gedankenexperimentes ziehen? Es scheint die begriffliche Möglichkeit einer Welt zu lehren, die jeder Gleichförmigkeit ermangelt, in der aber dennoch alles Geschehen nach festen

Gesetzen erfolgt. Diese Gesetze müßten uns (vorausgesetzt, daß wir existieren könnten) freilich gänzlich verborgen bleiben, aber ihr objektives Vorhandensein scheint davon doch nicht berührt zu werden. Denn wenn auch dem menschlichen Intellekt die Auffindung eines Gesetzes nur beim Bestehen von Gleichförmigkeiten möglich ist, so sind doch Intelligenzen denkbar, die an diese Bedingung nicht gebunden sind, und das genügt doch wohl sicher, um der Behauptung der Existenz der Gesetze Sinn zu geben. Wir denken die Gesetze unabhängig davon, ob gerade der Mensch darum weiß oder nicht: er macht sie nicht, sondern findet sie nur. Kurz, die Nichtfeststellbarkeit der Gesetze scheint nicht eine absolute und prinzipielle, sondern eine zufällige, durch die Besonderheit der menschlichen Organisation bedingte und daher von Nichtexistenz wohl unterscheidbar zu sein.

So ergibt sich augenscheinlich, daß die gedachte ungeordnete Welt genau so gut von der Kausalität regiert wäre wie die in Gleichförmigkeit und Regelmäßigkeit prangende Welt, der unser wirkliches Leben angehört, und in der die Kausalität für uns so leicht feststellbar ist. Es würde folgen, daß Gleichförmigkeit keineswegs zu den notwendigen Bedingungen der Kausalität zu rechnen ist, daß vielmehr als deren einziges Merkmal das Bestehen von im übrigen gänzlich beliebigen Gesetzen anzusehen sei.

Diese Schlußfolgerung erscheint zunächst unbedenklich und entspricht, wie gesagt, der herrschenden Meinung[1]). Wir wollen sie aber nicht annehmen, ohne sie mit der größten Sorgfalt auf ihre Bündigkeit zu prüfen, denn es gibt eine Frage, die uns stutzig machen und Zweifel an ihrer Richtigkeit erwecken muß.

3. Zufälliges und notwendiges Geschehen.

Die Frage, welche uns bedenklich machen muß, ist diese: Wie würde sich von dem gedachten chaotischen aber doch gesetzmäßigen Universum eine schlechthin *zufällige* Welt unterscheiden?

Wenn wir versuchen, uns eine Welt vorzustellen, die von bloßem Zufall, nicht von Gesetzen regiert wird, in welcher also die Ereignisse aufeinander folgen, ohne sich gegenseitig zu beeinflussen, so daß niemals eines die Ursache oder die Wirkung eines anderen wäre — wenn wir eine solche Welt zu denken suchen, so gelangen wir zu einem Universum von genau derselben Art, wie wir es uns vorhin ausgemalt haben. Welcher prinzipielle Unterschied läßt sich zwischen beiden entdecken?

Wir können uns zwei genau gleiche Welten denken derart, daß in der einen ganz dieselben Vorgänge sich aus Zufall abspielen wie in der andern aus Kausalität. Wenn irgend eine beliebige scheinbar regellose Folge von Weltzuständen gegeben ist, so können wir sie nach Gutdünken auch als Ausfluß einer Gesetzmäßigkeit auffassen. Denn das Stück, das auf der Weltbühne gespielt wird, mag so chaotisch und wirr sein wie nur möglich: immer ließe es sich doch durch strenge Gesetze darstellen, wenn man diese nur passend wählt; für die tollsten Unregelmäßigkeiten ließe sich stets eine ausreichende Erklärung finden: sie würde nämlich durchweg in den besondern Werten der Raum- und Zeitkoordinaten der fraglichen Vorgänge erblickt werden können. Und bei physikalischem Geschehen brauchten wir nicht einmal zu fürchten, daß wir zur Darstellung beliebiger Naturläufe nicht mit analytischen Funktionen auskämen, denn selbst wenn man nur solche benutzen dürfte, so wäre es doch mit ihrer Hilfe möglich, sich jedem beliebigen Gesetz bis zu jedem gewünschten Grade der Genauigkeit anzuschmiegen. Wirklich ermitteln könnten wir die Funktionen freilich durchaus nicht, aus den in der vorigen Betrachtung erläuterten Gründen; aber hier kommt es nur auf die Denkbarkeit, d. h. auf die Widerspruchslosigkeit der Sache an.

Läßt sich wirklich kein Unterschied angeben zwischen einem durch Zufall verworrenen Universum und einem durch Kausalität verwirrten? Wir wollen zusehen, auf welchen Wegen man nach solch einem Unterschied suchen könnte. Ließe sich keiner finden, so wäre das Resultat der vorigen Betrachtung zu verwerfen, wonach es schien, als seien Kausalität und Naturgesetzlichkeit ganz unabhängig von jeder Gleichförmigkeit der Welt, und die Gleichförmigkeit, d. h. eine gewisse Unabhängigkeit von Ort und Zeit, würde doch ein notwendiges Merkmal des Kausalitätsbegriffs bilden.

Das konträre Gegenteil zum Zufall ist die Notwendigkeit. Man müßte also sagen: in der kausal regierten Welt geht jeder Zustand in den folgenden vermöge einer Notwendigkeit über, die in der vom Zufall aufgebauten Welt fehlt. Wir müssen sorgfältig prüfen, welchen Sinn diese Aussage hat. Nur wenn sich mit ihr überhaupt ein Sinn verbinden läßt, können wir unsern bisherigen Begriff des Naturgesetzes aufrecht erhalten, der die Gleichförmigkeit des Geschehens nicht zu seinen Merkmalen zählt.

Man wird zuerst geneigt sein, das Wesen der kausalen Notwendigkeit darin zu erblicken, daß der folgende Zustand auf den vorhergehenden nicht bloß *folgt,* sondern durch ihn *bestimmt* wird. Und welchen Sinn hat hier das Wort „bestimmen"? Es muß jedenfalls bedeuten, daß es eine Regel, eine Formel gibt, mit Hilfe deren das Kommende aus dem Vergangenen abgeleitet werden kann. Es war aber das Ergebnis unserer vorhergehenden Betrachtung, daß eine solche Formel *unter allen Umständen* existiert. Stets, also

[1]) Vgl. z. B. *Hugo Bergmann,* Der Begriff der Verursachung und das Problem der individuellen Kausalität, Logos Band *V,* S. 91, 1914. Ferner *Franz Erhardt,* Tatsachen, Gesetze, Ursachen, S. 8, Rostock 1912. *v. Kries,* Logik, S. 50, Tübingen 1916. Auch mich selbst muß ich hier zitieren: Allgemeine Erkenntnislehre, S. 322, 1918.

auch bei „zufälligem" Geschehen, lassen sich geeignete Weltregeln erfinden, die dem Verlauf der tatsächlichen Ereignisse, wie er auch sein mag, vollkommen angepaßt sind, so daß der folgende Zustand jeweils als die richtige Fortsetzung des vorhergehenden erscheint. Die Möglichkeit einer solchen Formel kann also nicht das kennzeichnende Merkmal der Notwendigkeit sein.

Jetzt wird man meinen, der Sinn dieses Wortes und mithin der Unterschied zwischen zufälligem und gesetzmäßigem Geschehen liege darin, daß bei dem ersteren jene Formel immer erst *nach*träglich aufgestellt werden könnte, weil ja alle Zustände des Gesamtverlaufs bekannt sein müssen, um die richtigen, den Verlauf beschreibenden Funktionen zu finden; dagegen ließe sich bei kausalem Geschehen der Ablauf *voraussagen*, weil eben die Ereignisse gezwungen wären, einer bestimmten Formel zu folgen, die ein für allemal festliege.

Dieser Versuch einer Unterscheidung verfehlt aber seinen Zweck. Erstens nämlich ist jedes Gesetz, jede objektive Regel als rein begriffliches Gebilde unzeitlich; es hat keinen Sinn zu fragen, ob es vor oder nach einem bestimmten Zeitpunkt existiere. Die Existenz eines Begriffes ist zeitlos und bedeutet nur, daß er widerspruchsfrei ist, daß er überhaupt gedacht werden kann. Allerdings kann man nach dem Zeitpunkt fragen, wann sich ein Begriff von uns aufstellen läßt. Und hier könnte man nun ein Erkennungszeichen kausaler Notwendigkeit darin zu finden hoffen, daß die tatsächliche Formulierung eines Gesetzes bei ihr eben im voraus geschehen könne. Aber auch diese zweite Hoffnung ist trügerisch, denn auch dazu taugt jene Bestimmung nicht. Wir hatten ja gesehen, daß es der *Voraussetzung* einer Wiederkehr des Gleichen bedarf, um eine vorhandene Gesetzmäßigkeit festzustellen; ohne sie wäre uns die Auffindung der wahren Regeln des Geschehens durch Beobachtung gänzlich unmöglich. *Ohne* Beobachtung aber könnte die richtige Formel nur *erraten* werden. Ein Erraten ist aber natürlich auch für ein völlig gesetzloses Universum ebensogut möglich: auch wenn die Zukunft durch nichts bestimmt wäre als den blinden Zufall, könnte ihr Ablauf eben doch richtig geraten werden. Wieder gelingt es nicht, auf diesem Wege einen Unterschied zwischen einer gesetzhaften und einer gesetzlosen Welt zu entdecken oder zu konstruieren: in beiden Fällen wäre eine Übereinstimmung der Formel mit der Wirklichkeit in gleicher Weise zufällig, und es besteht keine angebbare Differenz.

So ist es ein vergebliches Bemühen, den Begriff des nicht-gleichförmigen und doch notwendigen Weltablaufs durch Zergliederung von dem des zufälligen Geschehens zu unterscheiden. Um ihm trotzdem noch einen Sinn zu retten, hat man angenommen, das eigentlich entscheidende Merkmal der Notwendigkeit lasse sich überhaupt nicht definieren, denn es sei ein letztes, nur zu erlebendes Moment, und daher keiner Beschreibung zugänglich. Es wäre das S. 464 Sp. 1 erwähnte Moment, welches dann als Grund aller Naturgesetzlichkeit zu gelten hätte. Diese Möglichkeit ist noch zu prüfen.

Es herrscht Einigkeit darüber, daß das gesuchte Moment nicht zu finden ist in der sinnlichen Erfahrung. Kausalität und Notwendigkeit sind nichts Wahrnehmbares, nichts, was sich an den Ereignissen und ihrer Abfolge beobachten ließe. Das gilt selbst in unserer wirklichen ganz und gar gleichförmigen und wiederholungsreichen Welt — wieviel mehr nicht in einem Universum ohne solche Regelmäßigkeiten!

Es bliebe also nur übrig, nach dem fraglichen Merkmal in der psychologischen Erfahrung zu forschen: vielleicht werden wir uns in der inneren Erfahrung unmittelbar dessen bewußt, was Notwendigkeit ist? Derartiges wird in der Tat von manchen angenommen. Man meint, das Gesuchte sei in unsern Urteilsakten zu finden, nämlich in den Akten des apodiktischen Urteilens. „Der hier vorkommende Begriff der Notwendigkeit ist gewonnen durch Reflexion auf ein modales, stellungnehmendes Verhalten unserer Seele" (*H. Bergmann*, Logos, V, S. 85). Das notwendige Geschehen würde sich vom zufälligen unterscheiden wie das apodiktische Urteil (das die Form hat „S muß P sein") vom problematischen („S kann P sein").

Ich vermag nicht einzusehen, daß man auf diese Weise zu einer haltbaren Definition des Notwendigkeitsbegriffs geführt wird. Sie erhält für die objektive Welt nur Sinn, wenn man annimmt, daß in den Naturvorgängen ein gewisser Zwang auftreten könne, der demjenigen analog ist, den wir beim apodiktischen Urteilen fühlen. Hier würde also das gesuchte Moment der Notwendigkeit, das wir im objektiven Geschehen selbst nicht finden können, auf dieses durch einen Analogieschluß aus der inneren Reflexion übertragen. Ein solcher Schluß ist aber zweifellos ganz unstatthaft. Denn wer möchte im Ernst behaupten, der Übergang von der Ursache zur Wirkung dürfe als eine Art Urteil aufgefaßt werden, das die Natur bei Gelegenheit eines jeden Vorganges in ihr fälle? Dergleichen poetisch-metaphysische Vorstellungen bringen uns unserm Ziel um keinen Schritt näher. Ferner ist wohl zu beachten, daß man nicht etwa das Zwangsgefühl beim apodiktischen Urteilen auffassen darf als das Erlebnis eines Kausalnexus im psychischen Geschehen, denn wenn man ein assertorisches oder problematisches Urteil fällt, so sind die psychischen Vorgänge dabei natürlich genau so gut kausal determiniert, und doch tritt jenes Notwendigkeitserlebnis nicht auf. Es ist tatsächlich wohl nur ein Gefühl, und die Kausalität selber kommt in ihm ebensowenig zum Bewußtsein wie beim Willensakt, von dem ja schon *Hume* feststellte, daß nur die Aufeinanderfolge von Wollen und

Handlung erlebt werde, nicht aber das Auseinanderfolgen[1]).

So erhalten wir also auch auf diesem Wege keine Antwort auf die Frage nach einer gültigen Definition des Notwendigkeitsbegriffs, die das Merkmal der Gleichförmigkeit nicht voraussetzte.

Unser Problem darf nicht verwechselt werden mit der Frage nach dem psychologischen Ursprung der Vorstellung der Notwendigkeit. Er ist wohl ein mehrfacher, und darf mit Recht teilweise in dem Erlebnis apodiktischen Urteilens gefunden werden, ebenso aber auch dort, wo *Hume* ihn suchte: in der assoziativen Gewöhnung, vermöge deren die Vorstellung des Consequens sich mit derjenigen des Antecedens verknüpft, wenn die Aufeinanderfolge beider vorher oft erlebt wurde. Jene Gewöhnung aber *setzt*, wie *Hume* selber so scharf betont hat, die Gleichförmigkeit des Geschehens *voraus*, und auf sie sehen wir uns also selbst an dieser Stelle verwiesen.

Der Umstand, daß die Notwendigkeitsvorstellung psychologisch auf mehrere Quellen zurückgeht, hat, nebenbei bemerkt, zu sehr schädlichen Begriffsverwirrungen in der Philosophie geführt. Es wurde nämlich in den Begriff der Notwendigkeit aus der psychischen Erfahrung das *Zwangs*mäßige aufgenommen, d. h. der gewaltsamen Überwindung eines widerstrebenden Wollens. Notwendigkeit und Zwang sind aber zwei gänzlich verschiedene Begriffe, die nichts miteinander gemein haben sollten. Das konträre Gegenteil der Notwendigkeit ist der *Zufall*, das des Zwanges die *Freiheit*. Bei genauer Beachtung dieses Unterschiedes ist z. B. das Problem der sogenannten Willensfreiheit so gut wie gelöst: Notwendig ist unser Handeln immer, das ist aber nicht dasselbe wie erzwungen, und daher auch nicht dasselbe wie unfrei; es ist vielmehr überall frei zu nennen, wo es nicht wesentlich durch Hemmungen (Fesseln, Drohungen) bestimmt wird, die den Absichten des Handelnden zuwiderlaufen. Ist diese Verwechslung an sich schon ein böser Fehler, so wird sie noch durch einen schweren Anthropomorphismus vermehrt, wenn wir nun gar die Notwendigkeit des Weltgeschehens als eine Art von Zwang auffassen. Dies tun wir aber, wenn wir uns die Naturgesetze als Gebote, als Befehle vorstellen, denen die Dinge gehorchen müssen, als möchten die Dinge ihnen wohl ausweichen, wenn sie nur könnten. In Wahrheit enthalten die Naturgesetze aber gewiß kein Müssen oder Sollen, sondern beschreiben nur, was tatsächlich geschieht. Notwendigkeit im falschen Sinne des Müssens „is something that exists in the mind, not in objects“[2]).

[1]) *J. Geyser* (Allgem. Philosophie des Seins und der Natur, Nr. 97, Münster 1915) sucht die Ansicht aufrecht zu halten, daß wir in der psychischen Wirklichkeit das Auseinanderfolgen direkt erleben und vom bloßen Aufeinander unterscheiden können. Dieses Unterscheiden dürfte aber eine andre, rein psychologisch zu klärende Bedeutung haben.

[2]) *Hume*, Treatise on human nature, book *I*, part III, Of the idea of necessary connection.

Das Ergebnis ist, daß sich ein unmittelbar zu erlebender Unterschied zwischen Notwendigkeit und Zufall nicht angeben läßt. Wie sollte das auch möglich sein, da doch zufälliges Geschehen in unserem Sinne sicherlich nicht von uns erlebt wird?

Damit sind die Möglichkeiten, in einer von jeder Gleichförmigkeit entblößten Welt von notwendigem Geschehen im Gegensatz zu zufälligem zu reden, überhaupt erschöpft. Wir täuschten uns also, als wir in der vorigen Betrachtung glaubten, den Begriff kausaler Notwendigkeit auf ein chaotisches Universum anwenden zu können. Wir ermöglichten uns diese Anwendung dadurch, daß wir Naturgesetze konzipierten, die von Raum und Zeit explizite abhängen, denn durch diesen Kunstgriff konnten wir jedes beliebige, noch so unordentliche, Geschehen dem Gesetzesbegriff unterwerfen. Jetzt wird offenbar, daß dieser Gesetzesbegriff zu weit gefaßt war: nicht bloß zur *Auffindung* der Gesetze bedarf es der Gleichförmigkeit der Natur, sondern sie ist auch nötig, um dem *Begriff der Gesetzmäßigkeit* überhaupt einen angebbaren, von der Zufälligkeit unterschiedenen Sinn zu verleihen. Es genügt nicht, daß überhaupt eine Formel denkbar ist, durch welche das Naturgeschehen sich darstellen läßt — dies ist *ausnahmslos* möglich —, sondern die Formel muß auch *bestimmter Art* sein. Es müssen nämlich beliebig viele Fälle ihrer Anwendung möglich sein. Ein Naturgesetz ist also nur dann eines, wenn es *allgemein* ist; der Begriff der individuellen Kausalität hat uns zum Widerspruch geführt. (*H. Poincaré* hat in einem Aufsatze „L'évolution des lois“ [welcher das erste Kapitel des Buches „Dernières pensées“ bildet] die Frage behandelt, ob die Naturgesetze sich mit der Zeit ändern könnten, also die Frage, die wir so formuliert haben, ob die Zeit vielleicht explizite in die Gesetze eingehe; er kommt mit vollem Recht zu dem Ergebnis, daß diese Annahme unter allen Umständen abzuweisen sei, weil eine solche Möglichkeit niemals in den Bereich wissenschaftlicher Erfahrung fallen könne. Auch hier also das Resultat, daß für uns der Begriff der Gesetzmäßigkeit ohne Gleichförmigkeit seinen Inhalt verliert. *Poincaré* glaubt für seine Schlüsse die Voraussetzung machen zu müssen, daß nur die Möglichkeit einer *langsamen* Änderung der Gesetze mit der Zeit in Betracht gezogen werde; ich glaube aber, daß auch ohne diese Voraussetzung derselbe Nachweis genau so gut geführt werden kann — wir wollen uns aber an dieser Stelle nicht auf die dazu nötigen erkenntnistheoretischen Betrachtungen einlassen —.)

Sollen nun gleiche Fälle im Naturgeschehen existieren können, so muß irgend ein Prinzip der Trennung vorausgesetzt werden, welches da macht, daß Vorkommnisse *gleich* sein können, ohne doch *identisch* zu sein. Das Prinzip muß gleiche Dinge in der Welt auseinanderhalten, ohne sie inhaltlich irgendwie zu beeinflussen. Bekanntlich ist dies

Auseinander in der Natur auf zwei für unser Bewußtsein qualitativ verschiedene Weisen realisiert, nämlich im Nebeneinander des Raumes und im Nacheinander der Zeit. Zwei im übrigen vollkommen gleiche Dinge unterscheiden sich durch den Ort oder die Zeit ihres Daseins.

Diese Prinzipien des Auseinander, welche die Voraussetzung des Begriffs der Gesetzmäßigkeit und der Kausalität bilden, würden mit Recht, in Anlehnung an *Kants* Terminologie, als *Formen* bezeichnet werden, weil eben die inhaltlichen Bestimmungen der Dinge von ihnen nicht abhängen. Daß gerade Raum und Zeit diese Formen sind, ist eine Tatsache, die wir hinnehmen müssen. Andere Formen können wir uns nicht vorstellen, wenn sie auch denkbar sind. Raum und Zeit könnten ihre Funktion als Formen nicht erfüllen, wenn sie explizite in die Differentialgesetze des Naturgeschehens eingingen, denn dann käme ihnen eben doch eine inhaltliche Bedeutung zu, Ort und Zeit eines Ereignisses wären etwas für dasselbe Charakteristisches, untrennbar zu seinem Wesen Gehörendes. Wir hatten oben bemerkt, daß Raum und Zeit, wenn die Naturgesetze von ihnen abhingen, eine absolute Bedeutung gewinnen würden. Wir können daher jetzt sagen: Kausalität setzt voraus, daß Raum und Zeit nicht etwas Absolutes in dem bezeichneten Sinne sind.

Dieser höchst wichtige Zusammenhang von Raum und Zeit mit der Kausalität ist kaum jemals richtig gewürdigt worden, jedoch hat ihn bereits der große Physiker *Maxwell* aufs schärfste hervorgehoben und benutzt, um das Kausalprinzip ganz richtig in folgender Weise zu formulieren[1]):

„The difference between one event and another does not depend on the mere difference of the times or the places at which they occur, but only on differences in the nature, configuration, or motion of the bodies concerned." Und er fügt hinzu: „It follows from this, that if an event has occurred at a given time and place it is possible for an event exactly similar to occur at any other time and place."

Damit ist dem Raum und der Zeit eine Homogenität zugesprochen, die in der Tat unerläßlich für sie ist, wenn sie wirklich bloß *Formen* sein sollen, wie die Kausalität es fordert. Diese Homogenität ist von allgemeinster Art (und deshalb verträglich mit den raum-zeitlichen Inhomogenitäten, die nach der Gravitationstheorie *durch die Materie* bedingt werden), sie ist nach dem eben Gesagten mit der Absolutheit des Raumes und der Zeit unvereinbar, und von ihr gilt daher der Satz *Poincarés:* „. . la relativité de l'espace et son homogénité sont une seule et même chose[2])."

Nun ist aber die Relativität des Raumes und der Zeit durch die neuen Fortschritte unserer physikalischen Anschauungen in einem viel weiteren und tieferen Sinne statuiert worden. Man muß die Frage aufwerfen, ob diese weitestgehende Relativierung ebenfalls eine unumgängliche Voraussetzung für die Möglichkeit der Kausalität bildet, oder ob hier nicht ein so enger Zusammenhang besteht wie mit jener besonderen Relativität, von welcher wir fanden, daß ohne sie nicht sinnvoll von einer allgemeinen Gesetzmäßigkeit der Natur gesprochen werden kann. Wie es sich damit auch verhalten mag — jedenfalls verspricht die Untersuchung der Frage einige Einsicht in die Voraussetzungen und Grenzen der Kausalität und soll deshalb hier begonnen werden.

4. Kausalprinzip und Relativität.

Wir gehen aus von der Betrachtung eines Beispiels, das *Einstein* zur anschaulichen Verdeutlichung eines Grundgedankens seiner allgemeinen Relativitätstheorie benutzt hat[1]). Wir denken uns zwei flüssige Körper von gleicher Beschaffenheit und Größe in sehr großer Entfernung von allen übrigen Körpern frei in der Welt schwebend und relativ zueinander in Rotation befindlich, und zwar um die gegenseitige Verbindungslinie mit konstanter Winkelgeschwindigkeit. Die eine der beiden Massen sei kugelförmig, die andere zeige abgeplattete Gestalt, nämlich die Form eines Rotationsellipsoids. Worauf ist die Verschiedenheit der Gestalt beider Körper zurückzuführen? *Newton* würde darauf vom Standpunkt seiner Dynamik antworten: der Grund für die Abplattung der einen Masse ist darin zu suchen, daß sie im Raume rotiert, während die andere ruht und daher keine Abweichung von der Kugelgestalt zeigt. Damit wären dem Raume absolute Eigenschaften zugeschrieben, denn von einer Rotation relativ zu ihm würde ja das Auftreten der die Abplattung verursachenden Zentrifugalkräfte abhängen.

Diese Vorstellungsweise ist nun, wie mit Nachdruck wohl zuerst *Mach* hervorgehoben hat, höchst unbefriedigend. Denn, so formuliert es *Einstein*, der „Galileische Raum, der hierbei eingeführt wird (bzw. die Relativbewegung zu ihm), ist eine *bloß fingierte* Ursache, keine beobachtbare Sache". Und er fährt fort: „Es ist also klar, daß die Newtonsche Mechanik der Forderung der Kausalität in dem betrachteten Falle nicht wirklich, sondern nur scheinbar Genüge leistet."

Hieraus ergibt sich deutlich: ist die geschilderte Vorstellungsweise tatsächlich wesentlich für die alte Mechanik, dann verletzt sie das Kausalprinzip, und es ist bewiesen, daß allein der modernen relativistischen Mechanik wissenschaftliche Wahrheit zukommen kann; denn Erfüllung des Kausalprinzips ist ja conditio sine qua non der Naturerkenntnis. Die Frage, ob auch die extremste, von *Einstein* in die Wissenschaft eingeführte Relativität des Raumes sich gleich der bisher besprochenen allein aus dem Kausalsatz herleiten lasse, wäre bejaht.

Aber in Wahrheit reicht der Tatbestand zur

[1]) *Matter* and *Motion*, Ende des ersten Kapitels.
[2]) Science et méthode. S. 113.

[1]) Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie, S. 8, 1916.

Herleitung des gedachten Ergebnisses nicht aus. Bei näherer Prüfung finden wir nämlich, daß die alte Mechanik den Forderungen des Kausalsatzes nicht etwa widerspricht, sondern nur die Grenzen seiner Anwendbarkeit sind in ihr enger gezogen als in der allgemeinen Relativitätstheorie; und das ist etwas ganz anderes. Die Frage nach den Grenzen einer jeden kausalen Naturbetrachtung gehört mit zum Gegenstande unserer Untersuchung.

Es stünde sehr schlecht um die Grundlagen der Galilei-Newtonschen Mechanik, wenn sie in unserm Beispiele genötigt wäre, eine Ursache der abgeplatteten Gestalt des einen Körpers anzugeben und sie in einer Rotation relativ zum absoluten Raume zu finden; denn eine Kausalerklärung kann nur dann als geglückt gelten, wenn sie in letzter Linie auf eine vera causa, auf etwas tatsächlich Beobachtbares zurückführt, und das ist der absolute Raum gewiß nicht. Aber in Wahrheit ist die alte Mechanik zu einer solchen Erklärung gar nicht genötigt. Wir erinnern uns, daß die Begriffe von Ursache und Wirkung nur auf *Vorgänge* angewandt werden dürfen. Die Gestalt eines Körpers als solche ist aber kein Vorgang, man darf daher streng genommen nach einer Ursache der Gestalt gar nicht fragen, sondern muß sie als Tatsache hinnehmen, wie etwa das Vorhandensein der beiden Körper überhaupt als Tatsache hinzunehmen ist, die einer Kausalerklärung nicht unterliegt. Der einzige *Vorgang*, der sich in unserm Falle abspielt, ist die Rotation des einen Körpers in bezug auf den andern: im Zeitdifferential *dt* dreht er sich um einen Winkel $d\varphi$, und die *Ursache* dieses Vorgangs ist einfach die Drehung desselben Körpers im unmittelbar vorhergehenden Zeitdifferential um denselben Winkel. Damit ist vom Standpunkt der alten Mechanik alles restlos erklärt, was überhaupt einer Kausalerklärung bedarf und fähig ist.

Dennoch haftet der ganzen Überlegung unleugbar etwas Paradoxes und tief Unbefriedigendes an, und den verborgenen Grund davon müssen wir aufsuchen.

Man wird zunächst bemerken, daß es sich eigentlich nicht um die Erklärung der Form des einen Körpers handelt, sondern vielmehr um den *Unterschied* der Gestalt der beiden Körper. In jeder andern Beziehung sind sie gleich, befinden sich unter gleichen Umständen, denn jeder rotiert in bezug auf den andern mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit — warum sind sie verschieden von Gestalt?

Nun ist Verschiedenheit wiederum kein Vorgang, man darf also nicht nach einer *Ursache* fragen. (Wohl aber könnte man, wenn es sich um die Verschiedenheit zweier *Vorgänge* handelte, nach dem *Grunde* derselben fragen und ihn in der Verschiedenheit der Ursachen beider Vorgänge finden.) Aber es besteht die Möglichkeit, daß die Form eines Körpers nur ein *Anzeichen* sein möchte für gewisse in oder an ihm sich abspielende Prozesse, die nun eine Kausalerklärung gestatten. Ein Beispiel möge zeigen, wie dies gemeint ist. Der naive Mensch betrachtet die *Farbe* eines Gegenstandes als eine ruhende „Eigenschaft" des Körpers; dennoch darf man mit Recht nach einer Ursache der Farbe fragen, weil die wissenschaftliche Analyse zu dem Ergebnis führt, daß farbiges Licht in der physischen Wirklichkeit als ein *Vorgang* (von Schwingungen) aufzufassen ist. Etwas ähnliches scheint nun in unserm Fall tatsächlich vorzuliegen. Dies kann man sich etwa dadurch klarmachen, daß man an dem Einsteinschen Beispiel eine kleine Variation vornimmt, in der an Stelle des bloßen Gestaltunterschiedes eine Verschiedenheit der Prozesse auftritt. Zu diesem Zwecke denken wir uns die flüssigen Massen durch zwei feste Körper ersetzt, die relativ zueinander um die Verbindungslinie rotieren. Auf beiden sei ein kleines Klötzchen mit einer Klammer befestigt. Werden diese Klammern plötzlich gelöst, so bleibt das Klötzchen auf dem einen Körper ruhig liegen, auf dem andern aber fliegt es in der Richtung der Tangente (von dem ersten Körper aus beurteilt) davon. Welches ist die Ursache dieses Davonfliegens?

Die Lösung der Klammer kann es nicht sein, denn diese findet auf beiden Körpern gleichmäßig statt; es bleibt also als Ursache nur übrig der Gesamtprozeß: Lösung der Klammer plus Drehung, denn andere Vorgänge sind ja nicht vorhanden. Sagte man nun: „Aber auch die Drehung ist doch für beide Körper dieselbe, da der erste in bezug auf den zweiten mit derselben Winkelgeschwindigkeit rotiert wie der zweite in bezug auf den ersten!", so konnte *Newton* antworten: „Bewegung relativ zum Körper 1 ist eben nicht dasselbe wie Bewegung relativ zum Körper 2! Die Erfahrung lehrt eben, daß der eine Körper in der Natur *ausgezeichnet* ist, und dadurch wird es praktisch, die Bewegungen auf ein in ihm ruhendes Koordinatensystem zu beziehen; die so bezogenen Bewegungen *nenne* ich *absolute*". *Newton* drückte sich nicht ganz so aus, aber de facto entspricht diese Formulierung durchaus den Grundlagen seiner Mechanik, und logisch ist nichts gegen sie einzuwenden. Daß es keinen bevorzugten Körper, kein ausgezeichnetes Bezugssystem geben könne, läßt sich aus dem bloßen Begriff der Bewegung nicht beweisen, denn hier kann nur die Erfahrung entscheiden. Zwar wenn man die Bewegung rein kinematisch, nämlich als Ortsveränderung mathematischer Punkte auffassen dürfte, dann würde es dem Begriff der Bewegung widersprechen, wollte man zwei beliebig zueinander bewegte Bezugssysteme nicht als völlig gleichwertig betrachten; aber in der Natur haben wir es immer nur mit der Bewegung von *Körpern*, also mit der Dynamik zu tun, und die reine Kinematik ist ein Abstraktionsprodukt, über dessen Anwendbarkeit auf die Wirklichkeit nur durch die Beobachtung etwas ausgemacht werden kann. So durfte *Newton* ohne einen Verstoß gegen den Kausalsatz die

Annahme für erlaubt halten, daß gewisse Körper in der Natur bevorzugt seien und daher am besten als Bezugskörper benutzt würden. Sie dürften „ruhend" heißen, und eine Rotation relativ zu ihnen würde an dem Wegfliegen jenes Probekörperchens erkannt werden. Dies Davonfliegen, d. h. das Auftreten von Zentrifugalbeschleunigungen, wäre aufzufassen als *Definition* der dynamischen Drehung, nicht etwa als *Wirkung* der kinematischen Drehung. Natürlich wäre es prinzipiell auch möglich, das Bezugssystem in einen beliebigen andern Körper zu verlegen, an welchem sich Zentrifugalbeschleunigungen zeigen, und diesen durch die Benennung „ruhend" auszuzeichnen, aber es liegt auf der Hand, daß dies Vorgehen unpraktisch wäre.

Es könnte also sehr wohl sein, daß in unserm Beispiel der eine Körper schlechthin vor dem andern ausgezeichnet wäre, ebenso wie etwa ein Körper vor einem andern ein größeres Volumen voraus haben könnte, ohne daß man nach einer Ursache des Unterschiedes fragen dürfte. Die alte Dynamik widersprach also dem Kausalprinzip nicht.

Und gerade weil sie es nicht tat, ist das Verdienst der allgemeinen Relativitätstheorie *Einsteins* um so größer, denn ohne durch einen wirklichen Fehler der alten Anschauung dazu gezwungen zu sein, bringt sie jene wundersame Vereinheitlichung des naturwissenschaftlichen Weltbildes zuwege, auf welcher ihre Größe in physikalischer wie in philosophischer Beziehung ruht. Dennoch bedeutet die erwähnte Theorie nicht etwa nur eine logische Vereinfachung, sondern einen tatsächlichen *Fortschritt der Kausalerklärung;* sie erschließt dem Ursachenbegriff eine neue Zone jenseits der Grenze, die bis dahin seiner Herrschaft gesetzt schien. Es erscheint deshalb doppelt sonderbar, daß man gelegentlich geglaubt hat[1]), die Vereinbarkeit der Relativitätstheorie mit dem Kausalprinzip trete nicht deutlich genug zutage, und eine besondere Rechtfertigung der Theorie in dieser Hinsicht für nötig hielt.

Es liegt uns ob, jenen Prozeß der Grenzerweiterung genauer zu betrachten, um daraus womöglich Schlüsse über die Grenzen kausaler Erkenntnis überhaupt zu ziehen.

Bekanntlich schritt die allgemeine Relativitätstheorie dadurch über die Newtonsche Mechanik hinaus, daß sie auf den von *Newton* vernachlässigten Umstand hinwies, daß die in der beschriebenen Weise ausgezeichneten Körper gerade diejenigen sind, die relativ zum Fixsternhimmel ruhen. Mit andern Worten: der bevorzugte Körper ist, wie die Erfahrung lehrt, in Wahrheit das System der Fixsterne. *Dies* System aber ist gegenüber allen sonst zur Wahrnehmung gelangenden Körpern *ohnehin* ausgezeichnet, nämlich durch seine ungeheure Größe und Masse; und wenn es gelang, die erste Art der Bevorzugung (Eignung als Bezugssystem der Mechanik) auf die zweite (Größe der räumlichen Ausdehnung und Masse) zurückzuführen, so war dies erkenntnistheoretisch überaus befriedigend. Wir sind eben durchaus nicht geneigt, die verschiedene Bedeutung der Körper als Bezugssysteme mit derselben Bereitwilligkeit als eine letzte, nicht weiter reduzierbare Eigenschaft anzuerkennen, wie ihre Größe. Jene Zurückführung war als Postulat schon früher, z. B. von *Mach,* aufgestellt worden, aber erst *Einstein* zeigte den Weg, auf welchem die Reduktion, und zwar mit Hilfe einer Kausalerklärung, wirklich ausgeführt werden konnte. Auf diesem Wege wurden dann alle Bewegungen völlig relativiert, zur Erkenntnis des Charakters einer Bewegung genügten rein kinematische Feststellungen: der kinematische Bewegungsbegriff fiel mit dem dynamischen in der Wirklichkeit vollkommen zusammen, und diese Vereinfachung ist es, die für das erkenntnistheoretische Gewissen eine so große Erleichterung bedeutet.

Wie ließ sich die Verknüpfung herstellen, wie der Zusammenhang finden zwischen den eben hervorgehobenen Eigentümlichkeiten des Fixsternhimmels, nämlich einerseits seiner gewaltigen Ausdehnung und Masse, andrerseits seiner Eigenschaft als Galilei-Newtonscher Bezugskörper (Inertialsystem)?

Da wir erkannt hatten, daß die Begriffe Ursache und Wirkung nur auf *Prozesse* anzuwenden sind, so wäre es falsch zu sagen, die große Masse des Fixsternsystems sei die Ursache seiner ausgezeichneten Bedeutung als Bezugskörper; aus demselben Grunde wäre die Behauptung unzulässig, das „Vorhandensein" der Fixsternmassen sei die Ursache des Auftretens von Zentrifugalkräften an einem in bezug auf sie rotierenden Körper. Es war vielmehr ein viel tieferes Eindringen in das Wesen der Trägheitsvorgänge nötig, um beispielsweise in unserm oben besprochenen Fall zweier zueinander rotierender Körper das verschiedene Verhalten der beiden streng naturgesetzlich abzuleiten. Es genügte nicht, darauf hinzuweisen, daß der Körper 1 in bezug auf den ganzen Fixsternhimmel sich drehe, der Körper 2 jedoch nur in bezug auf den kleinen Körper 1, so daß man es mit zwei ganz verschiedenen Vorgängen zu tun habe, denen auch verschiedene Wirkungen entsprechen müßten; sondern es zeigte sich, daß eine befriedigende Lösung der Aufgabe erst möglich wurde durch die Einführung des ganz aus dem modernen physikalischen Denken geborenen Begriffs des jede Masse umgebenden *Gravitationsfeldes* (bzw. Trägheitsfeldes). Alle Vorgänge, die in unserm Beispiel als Ursachen wie als Wirkungen in Betracht kommen, sind *Bewegungen von Materie im Gravitationsfelde;* sie sind für die beiden betrachteten Körper verschieden und, was wichtig ist, durch *Differential*gleichungen darstellbar,

[1]) Siehe *Helge Holst,* Die kausale Relativitätsforderung und Einsteins Relativitätstheorie (Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab, Mathematisk-fysiske Meddelelser, II, Kopenhagen 1919), welche Arbeit sich wieder auf *J. Petzoldt* beruft (Ber. d. Deutsch. Physik. Ges. 1918. S. 189).

weil es für jedes Teilchen nur auf seine unmittelbare raum-zeitliche Umgebung ankommt. Die Zustände im Gravitationsfelde selbst sind als *Vorgänge* aufzufassen, jeweils unmittelbar verursacht durch diejenigen in der nächsten Nachbarschaft, mittelbar in letzter Linie durch alle vorhandenen Massen; und diese Auffassung wurde möglich, nachdem die spezielle Relativitätstheorie gelehrt hatte, die Massen als Energien zu betrachten, womit auch ihnen *Prozeß*charakter zugesprochen war. Es ist vom erkenntnistheoretischen Gesichtspunkt bemerkenswert, daß das Gravitationsfeld nicht etwas in demselben Sinne Wahrnehmbares darstellt, wie die Bewegungen sichtbarer Körper zueinander. Bleibt man aber bei der Betrachtung der letzteren stehen, so gelangt man nicht über das bloße Postulat der Relativität aller Bewegungen hinaus und weiß nicht einmal, ob es sich überhaupt erfüllen läßt. Erst durch die Aufstellung jener Differentialgleichungen, welche die mathematischen Zeichen für ein kontinuierliches Gravitationsfeld sind, gelang es zu zeigen, daß die Naturgesetze sich wirklich in einer Form ausdrücken lassen, die völlig unabhängig ist vom Bezugssystem (beliebigen Transformationen gegenüber kovariant), daß mithin in der Natur wirklich alle Bewegungen als relativ aufgefaßt werden können, jenes Postulat also erfüllbar ist. *Mach*, der das Postulat aufstellte, kam bekanntlich nur zu den ganz unbrauchbaren Formeln, die man in seiner historisch-kritischen Darstellung der Mechanik findet (3. Auflage, S. 228 f.). Die Sachlage erscheint mir für die Beurteilung der Machschen Erkenntnistheorie nicht unwesentlich.

Zurückblickend erkennen wir, daß die allgemeine Relativitätstheorie tatsächlich eine Erweiterung des Bereichs der kausalen Naturerklärung erzielt, und zwar dadurch, daß es ihr gelingt, gewisse früher für irreduzibel gehaltene Eigenschaften der Körper als *Prozesse* zu deuten: die Eignung zum Bezugskörper der Mechanik wurde mit Hilfe von *Einsteins* genialen Konzeptionen als Vorgang, als Geschehen aufgefaßt, nämlich als Verhalten des Körpers zum umgebenden Gravitationsfelde, und dieses Feld ist selbst ein realer Prozeß, mittelbar verursacht durch den Einfluß der sonst noch in der Welt vorhandenen Massen. Stünde es schlechthin fest, daß die erwähnten Eigenschaften der Körper so gedeutet werden müssen und nicht anders aufgefaßt werden können, dann wäre in der Tat die Forderung der Kausalität nur durch das allgemeine Relativitätsprinzip zu erfüllen, und unsere oben aufgeworfene Frage, ob die Relativität des Raumes auch in dem allerallgemeinsten Sinne aus dem Kausalsatz sich ableiten ließe, wie es mit der beschränkteren, früher besprochenen, auf dem *Maxwellschen* Wege möglich war — diese Frage wäre bejaht; eine nicht-relativistische Naturauffassung widerspräche dann tatsächlich dem Kausalprinzip.

Freilich ist nicht ersichtlich, wie in diesem Falle (abgesehen von der nachträglichen glänzenden Bewährung der Theorie) ein strenger Beweis dafür geführt werden sollte, daß die fragliche Eigenschaft als Prozeß angesehen werden müsse, und auch in manchem andern Falle scheint ein solcher Beweis nicht möglich zu sein. Aber trotz vielleicht mangelnden Beweises gibt es für den Naturforscher — und dies kann nicht genug betont werden — im allgemeinen keine festere Überzeugung als die vom Prozeßcharakter der wahrnehmbaren Eigenschaften der Materie. Wo solche Deutung überhaupt möglich erscheint, da gilt sie stets auch als zutreffend. Sollte unser Fall eine Ausnahme davon machen? Es spricht m. E. im höchsten Maße zugunsten der allgemeinen Relativität, daß die Voraussetzung so bewährter und fundamentaler Prinzipien genügt, um sie als bloße Folgerung aus dem Kausalsatz erscheinen zu lassen.

5. Die Kausalität der Eigenschaften.

Es ist nötig, restlose Klarheit zu gewinnen über das eben angezogene Prinzip, welches die Reduktion von „Eigenschaften“ auf „Prozesse“ fordert, wo immer sie möglich ist. Diese Reduktion ist — wie schon an einem früher berührten Beispiele zu erkennen — der wichtigste Weg, auf welchem unsere Naturerklärung prinzipielle Fortschritte macht. Das hier zugrundeliegende Problem hat in der naturphilosophischen Literatur öfters eine gewisse Rolle gespielt. Es läßt sich in der Frage formulieren: Kann es zwei Körper geben, die in allen Eigenschaften übereinstimmen, ausgenommen in einer einzigen?

Zunächst kann natürlich nicht der geringste *Widerspruch* darin gefunden werden, wenn ein Gegenstand die Eigenschaften ABCDE besäße, ein anderer aber die Eigenschaften XBCDE; rein logisch gesprochen bestünde also die Möglichkeit, daß zwei Körper sich in ihren Beschaffenheiten völlig glichen und nur in einem einzigen Punkte — z. B. der chemischen Reaktionsfähigkeit, oder der Farbe, oder der Siedetemperatur — voneinander verschieden wären. Dazu war nur erforderlich, daß die Merkmale voneinander unabhängig waren, und warum sollten sie das nicht sein? So konnte man darüber streiten, ob die Aussage, daß dem Stoffe *S* die Beschaffenheit *B* zukomme, als ein Naturgesetz aufzufassen sei oder als eine bloße *Definition* des Körpers. Die moderne Wissenschaft aber hat erkannt, daß die Beschaffenheiten der Materie nicht tote Qualitäten, sondern lebendige Prozesse sind, und damit ist der Sachverhalt geklärt, die Frage entschieden. Denn Vorgänge sind nichts isoliertes, sondern haben Ursachen und Wirkungen; es ist schon eine Abstraktion, in dem stetigen Flusse des Geschehens überhaupt eine endliche Zahl von „Eigenschaften“ herauszuheben und zu sondern, eine ganz unabhängig für sich stehende Beschaffenheit kann es nicht geben. Jetzt ist es in der Tat ein

aus dem Kausalprinzip fließendes Postulat, daß zwei Stoffe, die in *einer* Eigenschaft voneinander abweichen, außerdem noch in andern Qualitäten differieren müssen. Denn wenn die Eigenschaft auf einem Vorgang beruht, so ist ja auch die *Ursache* dieses Vorganges notwendig bei beiden Körpern verschieden, diese ist wiederum ein Prozeß und stellt eine neue Eigenschaft des Körpers (oder seiner Umgebung) dar; in ihr ist also eine zweite Differenz gegeben, die irgendwie konstatierbar sein muß.

Hat man z. B. zwei Stoffe, die sich chemisch genau gleich verhalten und als einzige physikalische Differenz ein abweichendes optisches Drehungsvermögen zeigen, so führt man dies bekanntlich zurück auf verschiedene Anordnung der Atome im Molekül, mithin auf eine gewisse Verschiedenheit der im Molekül sich abspielenden Prozesse. Diese aber müssen sich schließlich noch auf andere Weise als bloß durch das optische Drehungsvermögen sichtbar machen lassen, indem man nämlich jene verborgenen Vorgänge mit andern künstlich erzeugten Prozessen so kombiniert, daß eine neue beobachtbare Wirkung herauskommt. Es ist die Kunst des Experimentators, hierzu geeignete Verfahrungsweisen zu ersinnen. So wahr der Kausalsatz gilt, muß es solche Verfahrungsweisen prinzipiell geben.

Auf diese Weise löst die moderne Naturansicht alle Qualitäten in Vorgänge auf und ermöglicht dadurch die Anwendung des Kausalprinzips auf die Verknüpfung der Eigenschaften untereinander. Die Zusammengehörigkeit bestimmter Eigenschaften der Stoffe ist nicht Definition, sondern Naturgesetz. Das Urteil, ‚An diesem Orte befindet sich ein Wasserstoffatom' heißt weiter nichts als: ‚An diesem Orte spielen sich bestimmte Prozesse ab'. Die Natur besteht eben in letzter Linie aus Vorgängen, Ereignissen, Prozessen, nicht aus qualitätsbegabten Substanzen.

6. Wesentliche und zufällige Bestimmungen.

Gibt es nun aber nicht doch Eigenschaften, die wir nicht als Prozesse verstehen können, die folglich der kausalen Erklärung spotten und in denen daher unsere physikalische Erkenntnis eine unübersteigbare Schranke und natürliche Grenze findet?

Nach den vorausgehenden Betrachtungen wäre diese Frage zu bejahen, denn wir hatten eine solche irreduzible Eigenschaft z. B. kennen gelernt in der *Größe* eines Körpers, in seinem räumlichen Umfange. Wir können noch hinzufügen, daß man auch nicht nach einer eigentlichen Kausalerklärung dafür suchen darf, daß ein Gegenstand sich jetzt gerade an einem bestimmten Orte oder, was dasselbe ist, sich dort gerade zu einer bestimmten Zeit befindet: kurz, es sind die „äußerlichen" Bestimmungen der gegenseitigen Ordnung der Körper, welche einer kausalen Erklärung widerstreben (denn die Größe und Form eines Gegenstandes läßt sich auf die Ordnung seiner Teile zurückführen).

Man wird einwenden, daß es in vielen Fällen doch möglich und erforderlich sei, nach der Ursache solcher äußeren Bestimmungen zu forschen. Denn ich darf doch fragen, warum jener Schlüssel gerade jetzt in jener Schublade liegt, oder warum die antiken römischen Ziegel größer sind als die heute gebräuchlichen, oder warum die Erde zurzeit gerade im nördlichen Winter in ihr Perihel gelangt, usw. Darauf ist zu entgegnen: erstens liegt hier ein laxer Sprachgebrauch vor, der verwirren kann. Dasjenige, nach dessen Ursache hier gefragt wird, ist in Wahrheit gar nicht der Ort des Schlüssels oder die Gestalt der Ziegel, sondern es sind die Handlungen, welche dem Schlüssel die bestimmte Lage, dem Ziegel die bestimmte Größe gaben. Die Lage des Schlüssels, die Form der Ziegel sind für uns der *Erkenntnisgrund* gewisser Vorgänge, aber nicht deren *Wirkung* in dem strengen Sinne des Wortes, den wir um der Exaktheit des naturphilosophischen Denkens willen fixieren mußten. Hat man dann die Ursachen der fraglichen Vorgänge ermittelt, so ist damit — und dies ist das zweite, was zu bemerken war — nicht ein prinzipieller Fortschritt der wissenschaftlichen Erkenntnis erzielt, nicht irgend ein Naturgesetz ausgesprochen, wie es bei der oben behandelten Reduktion einer „Eigenschaft" auf einen Prozeß der Fall war, sondern es sind nur gewisse tatsächliche Angaben über das Naturgeschehen durch andere ersetzt, die aber den ersten genau äquivalent sind.

Ein Beispiel wird am besten zeigen, was hier gemeint ist. Gesetzt, wir fragen, warum die äußersten Planeten größer sind als die inneren und weisen zur Erklärung auf die mutmaßliche Konstitution des Urnebels hin, aus welchem das Sonnensystem sich wahrscheinlich entwickelte, so taucht sofort die Frage auf: Woher die Konstitution des Urnebels? Und wenn es gelänge, auch darauf eine Antwort zu finden und dann die Kette der Fragen und Antworten noch weiter zu verlängern, so ständen doch alle Glieder der Kette auf gleicher Erkenntnisstufe; die Zahl der zu erklärenden Tatsachen würde bei diesem Fortschritt nicht verringert werden, sondern konstant bleiben. Jeder Zustand, bei dem wir die Kette abbrechen mögen, würde genau den gleichen „zufälligen" Charakter tragen wie der vorhergehende oder nachfolgende. Die Fragen richten sich eben nicht auf Naturgesetze, sondern auf die Bedingungen, unter denen die Gesetze tatsächlich zur Entfaltung kommen; und diese Bedingungen bezeichnen wir vom Standpunkte der Wissenschaft aus als „zufällig". Sie können nicht auf Elementareres zurückgeführt werden, sondern müssen schlechthin auf irgendeine Weise gegeben sein.

Hier scheinen wir an der Grenze des Naturerkennens zu stehen, die im Wesen der Sache liegt und oft die Aufmerksamkeit der Forscher auf sich gezogen hat. Der Tatbestand ist auf mannig-

fache Weise formuliert worden. In der exaktesten Wissenschaft tritt uns der Gegensatz, um den es sich hier handelt, entgegen als der Unterschied zwischen den Differentialgleichungen des Naturgeschehens einerseits und den „Anfangs- und Grenzbedingungen" andrerseits. Die letzteren geben erst die Möglichkeit zur Anwendung der ersteren, sie erfüllen die leere Form der Naturgesetze erst mit Inhalt, indem sie die Integrationskonstanten darin bestimmen. Sie lassen sich wohl durch andere Grenzbedingungen ersetzen (indem man eben die raum-zeitlichen Grenzen anders zieht), jedoch können sie nicht auf die Gesetze zurückgeführt, nicht aus den Differentialgleichungen abgeleitet werden. Zur völligen Bestimmung der Wirklichkeit genügt nicht die Kenntnis ihrer Gesetze, sondern ebenso wichtig ist die Bekanntschaft mit der Anfangskonstellation, die wir als *zufällig* zu bezeichnen pflegen. Freilich muß der Umstand, daß in der Welt gerade die erfahrungsgemäß in ihr geltenden Gesetze herrschen, so wesentlich er auch für das Antlitz des Universums ist, wohl in demselben Sinne „zufällig" genannt werden; und das gleiche gilt schließlich von dem Umstande, daß es überhaupt so etwas wie Naturgesetze und Kausalität gibt.

Eine sehr treffende und leicht verständliche Terminologie hat *v. Kries* eingeführt[1]), indem er *nomologische* und *ontologische* Bestimmung der Wirklichkeit einander gegenüberstellt: „Die erstere beträfe die Gesamtheit in der Wirklichkeit ausgedrückter Gesetze, die ontologische dagegen die durch diese Gesetze nicht bestimmten, rein tatsächlichen Verhaltungsweisen". Einen etwas andren Ausdruck gibt *H. Poincaré* demselben Tatbestande, wenn er zwischen *wesentlichen* und *zufälligen* Konstanten unterscheidet[2]). Die ersteren sind diejenigen Zahlengrößen, die zum Ausdruck eines Gesetzes gehören (z. B. die Potenz -2 in der Formel des Newtonschen Attraktionsgesetzes), zu den letzteren aber sind die zu rechnen, die zur Festlegung der Anfangs- und Grenzbedingungen dienen (z. B. die Dauer des Erdumlaufs gleich 366¼ Sterntagen). *Poincaré* erklärt die Unterscheidung für „etwas künstlich, jedenfalls in ihrer Anwendung sehr willkürlich und immer mißlich, solange die Natur noch Geheimnisse besitzt". Es ist leicht zu verstehen, warum *Poincaré* die Trennung für fließend hielt, wenn man z. B. daran denkt, daß in früheren Zeiten etwa die Atomgewichte und sonstigen Eigenschaften der chemischen Elemente recht wohl als zufällige Größen aufgefaßt werden konnten, während die moderne Entwicklung, beginnend mit der Aufstellung des periodischen Systems und endend mit der Elektronentheorie des Atombaus, sie als wesentliche aufzufassen gelehrt hat, die aus gesetzmäßigen Zusammenhängen heraus begriffen werden können. Dennoch erscheint es ganz wohl möglich, eine prinzipielle Grenze zu ziehen zwischen wesentlichen und zufälligen Bestimmungen in dem besprochenen Sinne, wenn man nur im Auge behält, daß die tatsächlichen Erkenntnisse der Wissenschaft eben noch nicht überall zu jener Grenze vorgedrungen, zum Teil noch sehr weit von ihr entfernt sind. Sie wird erst dann erreicht sein, wenn wirklich alle Qualitäten restlos in Prozesse aufgelöst sind. Obgleich dann die Natur nicht eigentlich mehr „Geheimnisse besäße", weil ihre Gesetze ausnahmslos durchschaut wären, bliebe ein Rest von rein tatsächlichen Bestimmungen übrig, die sämtlich bekannt sein müßten, bevor man mit Hilfe der Naturgesetze einen beliebigen Zustand des Universums errechnen könnte, und dies sind dann die *zufälligen* Konstanten oder, in *v. Kries'* Ausdrucksweise, die ontologischen Bestimmungsstücke der Wirklichkeit. Sie geben die raum-zeitliche Verteilung der Ereignisse in einem beliebigen Anfangszustand an.

Ein an moderne physikalische Begriffsbildungen gewöhntes Denken könnte hier stutzig werden. Man könnte nämlich fragen: wie ist eigentlich der hier verwendete Begriff des Ereignisses, des Vorgangs, festgelegt? Als Vorgang oder Prozeß bezeichneten wir jede zeitliche Änderung, und eine solche drückt sich mathematisch aus als Differentialquotient nach der Zeit. Nun hat aber bekanntlich in den Grundformeln der gegenwärtigen Physik die Zeitkoordinate ihre ausgezeichnete Stellung gegenüber den Raumkoordinaten eingebüßt, ja, die Koordinaten der allgemeinen Relativitätstheorie haben im allgemeinen überhaupt nicht mehr die Bedeutung von Raum- und Zeitstrecken, sondern sie sind sozusagen Zahlen für eine untrennbare Mischung aus beiden. Wie ist mit diesem Umstande die Sonderstellung des Begriffes „Vorgang" vereinbar, die ihm nach unsern Betrachtungen für das Kausalprinzip zuzukommen scheint?

Eine kurze Überlegung kann zeigen, daß hier keine Schwierigkeit und kein Widerspruch besteht und kann vielleicht noch zu einer vertieften Auffassung kausaler Abhängigkeit führen. Wir betrachten die räumlich-zeitlich ausgedehnte Welt in der bekannten Weise als eine vierdimensionale Mannigfaltigkeit, und zwar wollen wir uns zunächst, um die Ideen zu fixieren, die Zeit einfach als vierte Koordinate vorstellen, die auf den drei gewöhnlichen kartesischen Raumkoordinaten senkrecht steht. Nun läßt sich nach unsern früheren Überlegungen die Aussage des Kausalprinzips (unter Voraussetzung der Nichtexistenz von Fernwirkungen) für ein abgeschlossenes räumliches Gebiet G folgendermaßen auffassen: Ist eine vierdimensionale „Scheibe" von der Basis G und der Dicke dt gegeben, so ist dadurch die in der Richtung t unmittelbar anschließende Scheibe mitbestimmt. Oder, wenn wir es für eine endliche Zeit t formulieren wollen: Ist von einem vier-

[1]) Siehe z. B. *v. Kries*, Logik, Tübingen 1912, S. 53.
[2]) *Poincaré*, Wissenschaft und Hypothese, S. 120 f.

dimensionalen „Zylinder“ von der Höhe t eine unendlich dünne Schicht an der Basis G und in gleicher Weise der gesamte Mantel des Zylinders gegeben, so ist das ganze Innere des Zylinders (sein Gehalt an Ereignissen) dadurch bestimmt. Aber bereits nach der speziellen Relativitätstheorie ist nicht eine bestimmte Richtung in der vierdimensionalen Welt als Richtung der Achse t ausgezeichnet, sondern diese ist innerhalb gewisser Grenzen frei wählbar. Die dreidimensionale Zylinderbasis G, deren Weltpunkte alle „gleichzeitig“ sind, kann in verschiedenen, zueinander geneigten Lagen angenommen werden. Der Begriff des „Vorgangs“, für den ja der in der jeweiligen Zeitrichtung genommene Differentialquotient maßgebend ist, wird auf diese Weise relativiert, und es kommt dadurch auch in den Begriff des Kausalzusammenhanges eine gewisse Relativität hinein. Aber irgendeine prinzipielle Schwierigkeit oder gar ein Widerspruch wird hierdurch nicht hervorgerufen. Nach wie vor determiniert eine in der vierdimensionalen Welt gedachte „Scheibe“ die nächstfolgende: nur ist ihre Lage in der Welt nicht von vornherein fest vorgeschrieben, die kausale Deutung der Ordnung der Weltpunkte kann auf verschiedene Weise erfolgen. Die Willkür erreicht ihren höchsten bei der Naturbeschreibung möglichen Grad in der allgemeinen Relativitätstheorie; der besprochene „Zylinder“ kann sich ganz und gar deformieren, und die Verhältnisse gestatten nicht mehr einen anschaulich übersichtlichen Ausdruck. Eins aber bleibt, und darauf kommt es uns hier allein an: es muß ein dreidimensionales Gebiet gegeben sein, das sich zum mindesten unendlich wenig auch in die vierte Dimension erstreckt — dann ist dadurch auch die unmittelbar anschließende Weltschicht mitbestimmt durch „kausale Abhängigkeit“. *Alles Wirkliche ist vierdimensional; dreidimensionale Körper sind genau so gut bloße Abstraktionen wie Linien oder Flächen.* Die kausale Bestimmtheit der Welt erstreckt sich nur in *einer* Dimension, und diese nennen wir dann die Zeitrichtung. Ist sie einmal gewählt, so ist das in den drei übrigen Dimensionen Liegende als schlechthin *zufällig* anzusehen.

Damit ist zweifellos eine unübersteigliche Schranke der kausalen Betrachtungsweise bezeichnet. Nur auf die Erstreckung in der Zeitrichtung findet das Kausalprinzip Anwendung. Wenn es Gesetze gibt, deren Geltungsbereich gänzlich innerhalb der drei andern Dimensionen bleibt, so würden wir die durch sie bestimmten Zusammenhänge niemals als *kausale* bezeichnen. Sie würden einen gänzlich andern Charakter tragen. Das ist so gewiß, als für unsere Bewußtseinswirklichkeit zeitliche Dauer und räumliche Ausdehnung etwas ganz Verschiedenes und Unvergleichbares sind.

Das wird noch deutlicher, wenn wir uns einmal die Frage vorlegen, wie solche Gesetze in concreto beschaffen wären, wenn es sie in der Wirklichkeit gäbe. Die Frage nach dem Vorhandensein solcher Gesetze würde nicht bloß bedeuten, ob jene „zufälligen“ Daten in strenger, mathematischer Form darstellbar sind (das ist stets der Fall, denn *beliebige* Anfangsbedingungen können prinzipiell in analytische Form gefaßt werden), sondern das Kennzeichen der Gesetzmäßigkeit ist auch hier wieder, wie früher, die Unabhängigkeit von absoluten Koordinatenwerten.

Unter der (vermutlich unrichtigen) Voraussetzung, daß es sich nicht weiter verständlich machen ließe, warum die Elektrizität gerade nur in bestimmten Quantitäten existenzfähig ist, ließe sich zum Beispiel die Tatsache der Gleichheit aller Elektronen der Welt, wo sie sich auch befinden mögen, als eine Gesetzlichkeit der gedachten Art auffassen.

Oder, falls es gewiß wäre, daß überall in endlichen Teilen des Universums nur solche Vorgänge sich abspielen, die mit Entropievermehrung verbunden sind (also Übergänge von Zuständen geringerer zu solchen von höherer „Wahrscheinlichkeit“), so setzte das einen Anfangszustand von bestimmter Gesetzmäßigkeit voraus (Hypothese der molekularen Unordnung), die gleichfalls von der fraglichen Art wäre.

Das Problem, ob es dergleichen Gesetze, die mit Kausalität nichts zu tun haben, überhaupt gibt, und wie sie gegebenenfalls zu denken wären, ist von höchster Wichtigkeit für die Gestaltung des Weltbildes. Vielleicht wird erst nach seiner Lösung eine befriedigende logische Theorie des „induktiven“ Erkennens möglich sein. Denn man kann die logische Induktion auffassen als das Verfahren, mit dessen Hilfe wir die Kausalzusammenhänge ermitteln, indem wir sie von allem bloß „zufälligen“ Zusammentreffen unterscheiden.

Zuschriften an die Herausgeber.

Zur Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie an der Beobachtung.

In *M. v. Laues* Zuschrift unter dem obigen Titel (Naturwiss. 8, 390—391, 1920) steht irrtümlich

	beob.	ber.
Stern 10	+ 0,08	+ 0,09
anstatt	— 0,08	+ 0,09,

Außerdem ist *Laues* Behauptung (S. 391): „Doch wäre dann das Gesetz, nach welchem sich die Ablenkung mit dem Winkelabstande von der Sonne ändert, *jedenfalls ein ganz anderes als nach Einstein*“ durchaus unrichtig.

Nämlich würde zwar die Dichte der „Gashülle“ vielleicht zu groß ausfallen (nach *F. A. Lindemanns* Berechnung etwa $p = 2 \cdot 10^{-8}$ in einer Entfernung von 500 000 km von der Sonnenoberfläche, cf. The Observatory für August 1918 S. 225), aber ein Gesetz der Verteilungsdichte und (entsprechend) des Refraktionsindex des Gases, sowie sie zur Hervorbringung der

Einstein-Ablenkung nötig wäre, ist durchaus möglich (cf. *Lindemann*, loc. cit., S. 324).

Roy. Astron. Society London, 21. Mai 1920.

L. Silberstein.

Bemerkung hierzu:

Will man *Einsteins* Ablenkungsformel

$$\alpha = \frac{4\,C\,m}{a\,c^2}$$

(a bedeutet den kleinsten linearen Abstand des Strahls vom Mittelpunkt der Sonne) mittels einer Gashülle erklären, so kann man gewiß unschwer die Proportionalität zur Gravitationskonstanten C und der Sonnenmasse m herausrechnen. Wie man sich aber Vorstellungen über die Hülle bilden will, nach denen statt der Molekulargewichte der beteiligten Gase, ihren Mischungsverhältnissen, gewissen optischen Konstanten für sie, vielleicht auch ihren spezifischen Wärmen, ferner statt der Gaskonstanten R, der Sonnentemperatur und unter Umständen auch noch einigen das Temperaturgefälle bestimmenden Konstanten gerade einzig und allein die Lichtgeschwindigkeit c in die Formel gelangt, welche mit dem thermodynamischen und optischen Verhalten von Gasen kaum etwas zu tun hat, das wäre doch wohl schwerer anzugeben. Obwohl ich mir die Veröffentlichung von *F. A. Lindemann* nicht habe verschaffen können, möchte ich doch zunächst bei der Meinung bleiben, daß die empirische Bestätigung dieser Formel für eine Mehrzahl von Sternabständen einen sehr starken Beweis für die Richtigkeit der Vorstellungen bildet, aus denen sie hergeleitet ist.

Berlin-Zehlendorf, den 28. Mai 1920.

M. v. Laue.

Zur Physiologie der Lebensdauer.

Zu dem Aufsatz von *Pütter* „Zur Physiologie der Lebensdauer" sei eine kurze Bemerkung gestattet. — Es wird darin die Frage aufgeworfen, ob sich überhaupt eine Grenze zwischen innerlich und äußerlich bedingten Todesfällen aufstellen läßt, mit anderen Worten, ob man von einer „Lebensdauer" einer biologischen Art überhaupt reden kann. *Pütter* bestreitet das und weist nach, daß sich für jede Art zwei charakteristische Zahlen, ein Vernichtungsfaktor k und ein Altersfaktor k', angeben lassen, deren Definition durch die Formel

$$y = A \cdot e^{-k\,t\,e^{k't}}$$

gegeben ist.

Ohne einen Moment das Fruchtbare und Richtige dieser Anschauung zu verkennen, scheint es doch von Interesse zu sein, darauf hinzuweisen, daß sich wenigstens mit gewissen Einschränkungen doch von einer bestimmten, wohl definierten natürlichen Lebensdauer reden läßt. *Czuber*[1]) führt in seinem Lehrbuch der Wahrscheinlichkeitsrechnung die Absterbzahlen mehrerer großer Sterbetafeln für Männer und Frauen um das siebzigste Jahr herum an. Er weist nach, daß sich eine Häufung der Todesfälle für Männer im siebzigsten, für Frauen im zweiundsiebzigsten Jahre feststellen läßt und daß die Verteilung der Todesfälle vor und hinter diesen Jahren dem Gaußschen Verteilungsgesetz der Fehler wenigstens in näherer Umgebung gut anpasse. In jüngeren Jahren verwischen allerdings die äußerlich bedingten Todesfälle das Bild ziemlich bald; im höheren dagegen ist die Übereinstimmung zwischen berechneten und beobachteten Werten recht gut. Wir sind danach also doch wohl berechtigt, in den angegebenen Werten das wahrscheinlichste Lebensalter des Menschen zu erblicken. Es liegt, um es noch einmal zu wiederholen, für den Mann in seinem 70., für die Frau im 72. Lebensjahre.

[1]) *Czuber*, Lehrbuch der Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihrer Anwendung, Teubner 1910, Bd. 2, S. 70 ff.

Heidelberg, den 15. Mai 1920. *v. Bonin.*

Im Anschluß an die Ausführungen *v. Bonins* möchte ich folgendes bemerken: Die Angaben über eine — übrigens sehr geringe — Häufung der Sterbefälle im 70. bzw. 72. Jahre können in dem Zusammenhang der Frage nach der Begrenzung des Lebens nicht verwendet werden, da es sich bei ihnen um eine Erscheinung handelt, die sich nur auf die *Gestorbenen allein*, nicht auf diese *im Verhältnis zu den Überlebenden* bezieht. Welche Unterschiede die — grundsätzlich unrichtige — Konstruktion einer Überlebenstafel nach den Sterbefällen allein, gegenüber einer richtig aufgestellten zeigt, mag folgendes Beispiel erläutern, das *Westergaard*[1]) anführt.

Überlebenstafel für London 1861—1870.

Jahr	Auf Grund der Sterbefälle allein berechnet	Richtig berechnet
0	100	100
6	56	69
16	51	65
26	45	60
36	38	54
46	31	46
56	23	37
66	14	25
76	6	11
86	4	7

Aber sehen wir selbst von diesem grundsätzlichen und entscheidenden Bedenken ab, so ist folgendes festzustellen: Den Fall der geringen Häufung der Sterbefälle um das 70. Jahr führt *Czuber* (nach *Lexis*) an als Beispiel für den Begriff des „typischen Mittels". In der allgemeinen Erörterung über diesen Begriff wird gefordert, daß die beobachteten Werte (in unserem Falle also die Zahlen der Todesfälle) nach *beiden* Seiten entsprechend dem Gaußschen Gesetz abfallen, und es wird besonders darauf hingewiesen, daß, wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, wenn also die „Präzision" (der Wert h in dem Gaußschen Gesetz) zu beiden Seiten des dichtesten Wertes verschieden ist, nicht mehr von einem „typischen Mittel" gesprochen werden kann. Bei der Ermittlung der Präzision für die „normale Lebensdauer" nach *Lexis* wird aber nur der Teil der Sterbetafel verwendet, der über dem dichtesten Sterbealter liegt, da eben für die unterhalb gelegenen Werte die Verteilung durchaus *nicht* dem Fehlergesetz folgt. Es geht daher aus diesen Ableitungen bereits hervor, daß es sich bei der Häufung der Sterbefälle um das 70. Jahr *nicht um ein typisches Mittel* handelt, daß also dieses Alter als Sterbealter nicht

[1]) Die Lehre von der Mortalität und Morbilität. Jena 1901, S. 32.

typisch für den Menschen ist. Daß sich die *Todesfälle* — nicht die Verhältnisse der Überlebenden! — in den höheren Lebensjahren bis etwa zum 90. hin recht gut mit Hilfe des Gaußschen Gesetzes darstellen lassen, sagt nichts über die Bedeutung des 70. Jahres aus, denn auf ein aus dem Zusammenhang der ganzen Sterbetafel herausgerissenes Stück lassen sich immer irgendwelche Gleichungen anwenden, die zu dem Wesen der Erscheinung in keiner inneren Beziehung stehen. Nur wenn nachgewiesen wäre, daß *das Alter von 70 Jahren* — nicht *die Todesfälle im 70. Jahre!* — die Eigenschaften eines „typischen Mittels"[1]) hätte, wären wir berechtigt, von einer wohl definierten natürlichen Lebensdauer zu reden. Ich muß daher, selbst mit den Einschränkungen, die *v. Bonin* anerkennen will, den Gedanken an eine bestimmte, wohl definierte Lebensdauer ablehnen. Die Scheidung der Todesfälle in „äußerlich bedingte" (unterhalb etwa 66 Jahren) von den „normalen oder typische Sterben" bei 70 Jahren (nach *Lexis*), scheint mir nicht der Sache entsprechend; denn — wie ich gezeigt zu haben glaube — sind „äußere" und „innere" Bedingungen in *allen* Lebensaltern wesentlich für den Eintritt des Todes. Die äußeren Bedingungen werden durch den Vernichtungsfaktor, die inneren durch den Alternsfaktor gemessen.

Bonn, den 15. Mai 1920. *A. Pütter.*

Zoologische und botanische Mitteilungen.

Das Schema der Wirbeltieraugen. Spekulationen über die stammesgeschichtliche Entwicklung des Wirbeltierauges sind schon von zahlreichen Forschern angestellt worden. Die entgegenstehenden Schwierigkeiten beruhen auf zwei Gründen: Erstens wissen wir über die Vorfahren der Wirbeltiere überhaupt sehr wenig. Alle Versuche, an wurmartige Formen anzuknüpfen, müssen bei der Verschiedenheit des allgemeinen Bauplans sich immer auf die Betrachtung eines einzelnen Organsystems beschränken und verlieren dadurch für allgemeine Schlüsse erheblich an Wert. Zweitens aber zeigt gerade das Sehorgan in der Wirbeltierreihe eine so weitgehende Übereinstimmung, daß keine Möglichkeit besteht, bei einer bestimmten Form eine etwas primitivere Ausbildung der Augen anzunehmen, und von dieser ausgehend durch eine Art Extrapolierung auf noch primitivere Zustände bei den Wirbeltierahnen Schlüsse zu ziehen. Geringe Abweichungen, welche die Augen einiger Vertebraten auszeichnen, sind in ihrer Bedeutung keineswegs klar und werden von Spezialforschern bald als Rückbildungen, bald als primitivere Zustände angesehen. Die einzigartige Tatsache, daß es sich beim Wirbeltierauge um einen Hirnteil handelt, läßt den Versuch einer Anknüpfung an die Augen der Wirbellosen wenig aussichtsreich erscheinen. Äußerliche Ähnlichkeiten mit manchen Weichtieraugen sind daher phylogenetisch wertlos. Die Augen der den Wirbeltieren in vieler Hinsicht nahe stehenden Aszidien (Seescheiden), die auch schon zum Vergleich herangezogen worden sind, weichen doch in mancher wichtigen Beziehung vom Wirbeltierauge zu stark ab, als daß sie zur Grundlage einer phylogenetischen Hypothese dienen könnten. — Äußerst einfache „Sehorgane" befinden sich im Rückenmark des Lanzettfischchens (Amphioxus): Gruppen von zwei Zellen, einer pigmentführenden, und einer Sinneszelle mit Nervenfortsatz. *Boveri* stellte die Theorie auf, daß durch Häufung dieser Zellen an bestimmten Stellen des Zentralnervensystems die Retina der Cranioten (Schädeltiere) entstanden sei. Durch Ausstülpung der betreffenden Teile der Nervenrohrwand seien die lichtempfindlichen Bezirke der Körperoberfläche genähert und so der Anstoß zur Bildung der Augenblase gegeben worden. Auffallenderweise fehlen aber diese sogen. „Photorezeptoren" des Amphioxus gerade im Bereich des Hirns. Eine andere, bisher wohl von den meisten Forschern vertretene Auffassung ist folgende: Bei den Embryonen zahlreicher Cranioten findet man im Bereiche der vorderen Medullar- (Nerven-) Platte noch vor deren Einsenkung und Schluß zum Nervenrohr beiderseits die sog. Sehgruben, deren Zellen bisweilen auch Pigment führen, und die später direkt in die Augenanlagen übergehen. Es liegt nahe, in diesem Befund einen Hinweis auf alte, oberflächlich gelagerte Lichtsinnesorgane von Becherform zu erblicken, die mit ähnlichen Bildungen Wirbelloser vergleichbar sind. Die Anwendbarkeit des biogenetischen Grundgesetzes wird bei diesem Rückschluß von der Ontogenese auf die Phylogenese vorausgesetzt. —

Auf Grund seiner Untersuchungen an Neunaugenlarven kommt *Studnicka* in seiner Schrift (Das Schema bei Wirbeltieraugen. Zool. Jahrbücher Bd. 40, 1918) zu dem Schluß, daß die „Sehgrubentheorie" nicht hinreichend bewiesen sei. Die Photorezeptoren sind in ihrer besonderen Ausbildung als Organe sui generis anzusprechen. Nach seiner Auffassung haben aber für die Aufstellung eines allgemeinen Schemas der Wirbeltieraugen die verschiedenen Sinneszellen große Bedeutung, die sich im Bereiche des Ependym-Epithels (Auskleidung des Zentralkanals im Hirn und Rückenmark) finden. Um solche Ependym-Sinneszellen handelt es sich sowohl bei den verschiedenen zerstreuten lichtempfindlichen Zellen im Zentralorgan der Neunaugen, Knochenfische und anderer Vertebraten, als auch bei den gehäuften Sinneszellen der eigentlichen Sehorgane, der Augen. Bei diesen haben wir die Lateral- (Seiten-) Augen von den Parietal- (Scheitel-) Organen zu unterscheiden. Letztere sind bei Neunaugen und manchen Echsen gefunden worden. Es sind eine oder zwei unpaare, dorsal gelegene Hirnausstülpungen, deren Bau dem eines Auges ähnlich ist. In rudimentärer Form tritt eines dieser Gebilde bei anderen Wirbeltieren als „Zirbel" auf. Auf Grund neuerer Untersuchungen (*Sterzi* u. a.) nimmt *Studnicka* nun an, daß auch die Parietalorgane ursprünglich paarig angelegt wurden. Er sieht den phylogenetisch ältesten Zustand der Wirbeltier-Sehorgane in dem Vorhandensein zweier dorsaler und zweier ventraler Anhäufungen von Ependymsinnesorganen an der inneren Oberfläche des Hirnrohres. Die betreffenden Stellen der Hirnwand wölbten sich nun zu Ausstülpungen vor, um die lichtempfindlichen Zellen möglichst nahe an die Körperoberfläche zu bringen. Die beiden ventralen Ausstülpungen werden zu den primären Augenblasen; von den dorsalen, den Anlagen der Scheitelorgane, tritt meist die eine zurück, während die andere in die Medianlinie rückt. Bei den Lateralaugen bleiben die Sehzellen in dem distalen Teil der Augenblase allein erhalten (Retina), während im proximalen Pigment auftritt; bei dem Parietalauge dagegen erhalten sich die Sehzellen gerade im proximalen Teil und bilden dort selbst Pigment, während die

[1]) Das „typische Mittel" ist zugleich arithmetisches Mittel, Zentralwert und dichtester Wert, s. *Czuber*, S. 335.

distale Wand der Ausstülpung durchsichtig wird (Pellucida). Durch die Stellung der drei Augen und die Art der Pigmentverteilung tritt auch eine Teilung des Sehraumes ein. Während jedoch die Lateralaugen sich zu bilderzeugenden Sehorganen weiter entwickeln, dient das Parietalauge wohl nur dem Erkennen der Helligkeit sowie der Richtung der einfallenden Lichtstrahlen, bleibt also gewissermaßen auf einer Vorstufe der Lateralaugen stehen. Immerhin kann es auch beim Parietalauge zur Entwicklung einer Linse kommen, wenngleich auf ganz anderem Wege als bei den Lateralaugen. Für die Begünstigung der letzteren macht der Verfasser vor allem ihre Beweglichkeit verantwortlich. Daß hierin auch ein kausales Moment für den Schwund der Parietalaugen bei den höheren Vertebraten zu erblicken sei, wird nicht behauptet; eine solche Annahme wäre auch wohl kaum haltbar.

Es handelt sich bei den angedeuteten Gedankengängen, wie der Verfasser selbst bemerkt, nur um die spekulative Erwägung von Möglichkeiten, die zwar durchaus nicht von der Hand zu weisen sind. Eine weitergehende Bedeutung kann man ihnen aber gegenüber anderen Theorien kaum zuerkennen, da wir ja, wie schon erwähnt, eine primitive Vorstufe des Wirbeltierauges nicht kennen. Sogar der Vergleich mit dem Parietalauge einiger Vertebraten scheint etwas gewagt in Anbetracht der starken, schon früh sich zeigenden Divergenz des allgemeinen Bauplans, die keineswegs mit den verschiedenen Aufgaben der beiden Organe hinreichend erklärt werden kann.

Über die Hornzähne der Zyklostomen und ihre phylogenetische Bedeutung. Verhornung der Mundschleimhaut finden wir bei einer ganzen Reihe von Wirbeltierklassen, bei Säugern, Monotremen, Vögeln, Schildkröten, endlich auch bei Anurenlarven und Zyklostomen (Rundmäulern). Die Hornzähne der letzteren sind wiederholt der Gegenstand phylogenetischer Spekulationen gewesen. Auf Grund der Ähnlichkeit, die ihre erste Anlage mit den jüngsten Zahnanlagen der Gnathostomen (Kiefermäuler) zeigt, kam *Beard* zu der Meinung, daß sie den Zähnen der letzteren tatsächlich homolog seien. Eine Gruppe besonders differenzierter Epithelzellen, die sich unterhalb des Zahnes befindet (Pokalzellenhügel), bezeichnet *Beard* als „odontoblast pulp" und will sogar Anzeichen von Verkalkung beobachtet haben. Gegen diese Homologisierung spricht schon die Herkunft der „Pokalzellen" vom Ektoderm. Sie ist denn auch in der Folge von *Behrends, Jakoby* und *Bashford Dean* abgelehnt worden. In neuester Zeit haben sich auch *Warren* und *Tims* dagegen geäußert. Letzterer sieht in den Hornzähnen der Zyklostomen „eine den Dentinzähnen vorausgegangene Form von Hartgebilden", verzichtet also offenbar auch auf deren Homologisierung. In seiner Abhandlung: „Anatomie und Entwicklung der Zyklostomenzähne unter Berücksichtigung ihrer phylogenetischen Stellung" (nach dem Tode des Verfassers herausgegeben von *O. Steche* in: Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft, 1919, *56.* Bd., 1. Heft) sucht *Heinrich Hansen* auf Grund neuer Befunde an Myxine (Schleimfisch oder Inger) die Frage zu lösen. Die entwicklungsgeschichtlichen Daten über die Hornzähne dieses Tieres waren bisher am dürftigsten. — Zu allen Zahnbildungen der Zyklostomen zeigt das Mesoderm nur insofern Beziehungen, als ein gefäßführendes Bindegewebe engen Anschluß an das hornbildende Epithel gewinnt. Dieses gefäßführende Gewebe ist stärker entwickelt bei Myxine, weit schwächer bei Petromyzon (Neunauge). Hieraus erklärt sich nach *Hansen* die Tatsache, daß die Zähne bei Petromyzon gewechselt werden, bei Myxine dagegen nicht, da hier die reichere Blutversorgung einen dauernden Nachschub von Hornsubstanz aus dem gut ernährten Epithel gewährleiste. Bemerkenswert ist ferner, daß die Verhornung nicht an der Oberfläche des Epithels, sondern im Inneren einer zapfenförmigen Epitheleinsenkung beginnt. Diese Einsenkung erinnert an die Zahnanlagen der Gnathostomen, zumal die einzelnen „Zahnsäckchen" auch hier einer einheitlichen Leiste aufsitzen. Aus dieser ersten Anlage geht aber nur bei Petromyzon ein Hornzahn und seine Ersatzzähne hervor; bei Myxine entwickelt sich in ihrem zentralen Teil der oben erwähnte Pokalzellenhügel, während der Hornzahn selbst distal davon entsteht. Die Anlage dieses Pokalzellenhügels faßt *Hansen* auf als eine echte Zahnanlage, vergleichbar derjenigen der Gnathostomen, die bei Myxine degeneriert ist und durch Funktionswechsel zu einem Stützorgan für den Hornzahn wird. Die Zahnanlagen der Petromyzonten sind nach *Hansen* „vielleicht" das Produkt einer noch weiter gegangenen Degeneration und mit denen von Myxine nicht in direkte Beziehungen zu setzen.

Nach Ansicht des Referenten ist die Ähnlichkeit der ersten Anlage der Hornzähne mit den Zahnanlagen der höheren Wirbeltiere an sich noch kein hinreichender Grund für eine Homologie beider Bildungen. Die verschiedensten Gebilde des Integuments weisen in ihren ersten Anlagen eine ziemlich weitgehende Ähnlichkeit auf (Hautzähne, Federn, Haare, sogar nervöse Organe), ohne daß diese zur Annahme einer Homologie drängte. Die Homologisierung irgendwelcher Bildungen auf sehr frühen Stadien ist schon bei der Feststellung von „Lagebeziehungen" an jungen Embryonen häufig schwierig genug; noch unsicherer wird sie bei den ersten Anfängen einer geweblichen Sonderung. Im vorliegenden Fall wird außerdem noch die für Zahnanlagen charakteristische frühzeitige Beteiligung des Mesoderms vermißt. — Allenfalls wäre ein Vergleich mit der Entwicklung anderer Hornbildungen angebracht. Ein solcher würde aber nur das allgemeine Resultat erbringen können, daß Prozesse, die zu demselben Ziele führen, häufig — nicht immer! — denselben Weg gehen. Es besteht nach alledem kein Anlaß, auf Grund der vorliegenden Befunde die Auffassung preiszugeben, daß die Hornzähne der Zyklostomen Bildungen sui generis sind, Anpassungen an eine besondere Lebensweise, die nicht durch Annahme einer Degeneration oder eines Funktionswechsels auf echte Zähne gnathostomer Vorfahren zurückzuführen sind.

L. Glaesner.

Keimdrüsentransplantationen beim Schwammspinner. (*Klatt*, Zeitschr. f. indukt. Abstammungsl. *22*, 1920.) Die Transplantation von Keimdrüsen ist schon wiederholt dazu herangezogen worden, um über die Möglichkeit einer Vererbung erworbener Eigenschaften Aufschluß zu gewinnen. Der Gedankengang ist dabei folgender: wenn tatsächlich Änderungen, die im Körperplasma durch die Einwirkungen bestimmter äußerer Faktoren hervorgerufen werden, auf das Keimplasma übergreifen können, dann darf man auch erwarten, daß dann, wenn Eierstöcke auf rassen- oder artfremde Individuen verpflanzt werden, in den Nachkommen unter Umständen Merkmale zutage treten, die dem Individuum zugehören, in welches die Eierstöcke eingesetzt wurden. Eine entsprechende Beeinflussung müßte sich bei der Transplantation von Hoden in

einen fremden Organismus kundgeben. Versuche dieser Art wurden bisher bei den verschiedensten Objekten (Insekten, Würmern, Amphibien, Säugetieren und Vögeln) angestellt, aber nirgends sind — trotz der gegenteiligen Auffassung *Kammerers* von seinen eigenen Salamanderexperimenten — überzeugende Erfolge erzielt worden. *Klatt* hat nun im Anschluß an frühere Untersuchungen erneut mit Schwammspinnern gearbeitet, und zwar mit einer Normalform, einer Gelb- und einer Schwarzrasse. Schwarz (im Farbenkleid der Raupe) war dabei dominant über Gelb, Gelb über Normal. Es wurden zahlreiche Eierstöcke und Hoden transplantiert, immer die Rezessiven in die Dominenten, weil dann ein Erfolg besser zutage getreten wäre, also Normal in Gelb und Gelb bzw. Normal in Schwarz. Leider gelang nur die Transplantation der Eierstöcke, deswegen konnten nicht transplantierte Weibchen mit transplantierten Männchen gekreuzt werden, sondern nur transplantierte Weibchen mit intakten Männchen, die dann immer entsprechend dem Charakter des transplantierten Eierstocks gewählt wurden. Waren also Eierstöcke von Normal auf Gelb oder Schwarz verpflanzt, dann diente als Männchen die Normalform, war Gelb auf Schwarz transplantiert, dann wurde ein gelbes Männchen für Kopulation verwendet. Die Versuche fielen insgesamt negativ aus, d. h. niemals trat ein Merkmal auf, das nicht dem Charakter der verwendeten Keimdrüsen entsprach. Es bot sich also niemals ein Hinweis auf einen Einfluß des Somas, dem die rassefremden Keimdrüsen aufgepfropft wurden. Es schließt sich also das Ergebnis durchaus den bisherigen Tatsachen an. Natürlich sind negative Befunde stets mit Vorsicht aufzunehmen, und man darf daher aus den Resultaten bloß schließen, daß mit dieser Methode eine Einwirkung des Somas auf die Keimzellen nicht ermittelt werden kann. Allerdings muß es zur Vorsicht gemahnen, daß ein springender Beweis für die Vererbung erworbener Eigenschaften bisher für keinen Fall erbracht ist.

Das Webersche Gesetz in der Pflanzenphysiologie. (*P. Stark*, Zeitschr. f. allg. Physiol. *28*, 1920.) Es hat sich auf den verschiedensten Sinnesgebieten gezeigt, daß mit zunehmender Reizung eine Abstumpfung eintritt, daß also bei der Einwirkung von 2 verschieden starken Reizen dieselbe absolute Differenz der Reizstärken um so wirkungsloser ist, je größer die Stärke der beiden Vergleichsreize ist. Ihren mathematischen Ausdruck finden diese Beziehungen in dem sogen. Weberschen Gesetze, welches besagt, daß es bei dem Vergleich zweier Reize nicht auf das absolute, sondern auf das relative Verhältnis der Reizstärken ankommt, daß also ein Reizzuwachs, um eben merklich zu werden, in einem ganz bestimmten konstanten Verhältnis zum Vergleichsreiz stehen muß. Dieser Wert wird als Unterschiedsschwelle bezeichnet und beträgt beim Tastsinn ca. $^1/_{20}$, beim Gehör $^1/_3$—$^1/_{10}$ und bei dem sehr empfindlichen Gesichtsinn ca. $^1/_{100}$. Es war *Pfeffer*, der zum ersten Male die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes, das zunächst bloß für die Sinnesphysiologie des Menschen aufgestellt wurde, auch für die Reizbewegungen der Pflanzen nachgewiesen hat, und zwar für die chemotaktischen Reaktionen der Farnspermatozoiden und Bakterien. Er brachte die zu untersuchenden Organismen in einen Tropfen, der den Reizstoff in einer bestimmten Konzentration enthielt und führte dann einseitig eine Kapillare ein, welche dieselbe Lösung in etwas höherer Konzentration barg. So kam zu dem diffusen schwächeren chemischen Reiz ein einseitiger stärkerer hinzu. Indem nun sowohl in der Außenflüssigkeit als auch in der Kapillaren die Konzentration variiert wurde, wurde bestimmt, in welchem Verhältnis die Außenkonzentration zur Innenkonzentration stehen muß, damit eben eine chemotaktische Ansammlung in der Kapillaren eintritt. Es ergab sich, daß auch hier wie beim Menschen die Unterschiedsschwelle innerhalb weiter Grenzen konstant ist. Diese Erfahrungen wurden dann von verschiedenen Autoren für eine ganze Menge weiterer Organismen (Zoosporen von Pilzen, Spermatozoiden von Lebermoosen, Schachtelhalmen usw.) bestätigt. Als Unterschiedsschwelle ergaben sich Werte zwischen 5 und 400, d. h. der Überschuß in den Kapillaren muß je nach dem Objekt und je nach der chemischen Substanz das 5—400-fache betragen, damit Anlockung eintritt. Im Anschluß daran wurden dann auch die Krümmungsbewegungen der höheren Pflanzen auf den Geltungsbereich des Weberschen Gesetzes geprüft. Positive Angaben existieren für den Chemotropismus, Geotropismus, Phototropismus und Haptotropismus (Kontaktreizbarkeit). In allen diesen Fällen arbeitete man derart, daß 2 opponierte Flanken eines Pflanzenorgans mit verschiedener Intensität gereizt wurden und der Überschuß bestimmt wurde, welcher der einen Flanke erteilt werden muß, damit eine Krümmung im Sinne der stärkeren Reizung erfolgt. Beachtung verdient, daß die Unterschiedsschwelle für den Phototropismus fast ebenso tief heruntersinkt wie für den Gesichtssinn, nämlich auf ca. $^1/_{100}$. Für die Berührungsempfindlichkeit wurden Werte von 3—$^1/_9$ gefunden, so daß im extremen Fall Beträge erreicht wurden, die von derselben Größenordnung sind wie beim Tastsinn. Die Tatsache, daß das Webersche Gesetz bei so primitiven Organismen wie den Bakterien gültig ist, macht es wahrscheinlich, daß die psychologische Deutung, die das Gesetz auf eine vergleichende Größenschätzung zurückführt und hauptsächlich von *Wundt* vertreten wird, kaum zu Recht besteht, und daß nach einer rein physiologischen Wurzel für diese Beziehung gesucht werden muß.

Über die Erregung der Protoplasmaströmung durch verschiedene Strahlenarten (*Nothmann-Zuckerkandl*, Ber. d. Deutsch. Bot. Gesellsch. Bd. *33*, 1915). Daß die Protoplasmaströmung in pflanzlichen Zellen durch die verschiedensten äußeren Faktoren beeinflußt werden kann, ist schon seit langer Zeit bekannt. So kann die Strömungsgeschwindigkeit durch Wundreiz und chemische Einflüsse gesteigert, durch Anwendung von Narcoticis oder Sauerstoffentziehung zum Stillstand gebracht werden. Auch über die Bedeutung von Licht und Wärme war schon einiges bekannt; hierher gehört die Tatsache, daß die Zellen von Vallisneria, wenn ihre Strömung durch Anwendung geringer Dosen von Äther im Dunkeln sistiert worden ist, durch nachfolgende Belichtung wieder zur Protoplasmarotation veranlaßt werden können, und daß eine schon vorhandene Strömung durch Steigerung der Temperatur beschleunigt wird. Weitere Daten bringt die Arbeit von *Helene Nothmann-Zuckerkandl*. Sie konnte feststellen, daß in den ruhenden Zellen von unverletzten Elodeasprossen durch Sonnenlicht lebhafte Strömung verursacht wird. Dasselbe wurde mit künstlichen Lichtquellen erzielt. Um zu ermitteln, wie sich das Protoplasma gegen Strahlen verschiedener Wellenlänge verhält, wurden flüssige Farbfilter, bunte Gläser und spektral zerlegtes Licht angewendet. Es zeigte sich, daß alle sichtbaren Strahlen, außerdem aber auch die

ultraroten und ultravioletten, Strömung auszulösen vermögen. Allerdings ist der Erfolg nicht immer gleich groß. Unter Berücksichtigung der Lichtintensität in den verschiedenen Spektralbezirken ergab sich, daß die Wirkung mit der Wellenlänge des Lichtes zunimmt. Neben der Lichtwirkung wurde auch der Einfluß der Wärme untersucht. Nach *Hauptfleisch* und *Velten* soll durch plötzliche Temperatursprünge bei Elodea und Vallisneria in ruhenden Zellen Protoplasmaströmung ausgelöst werden können. Im Gegensatz hierzu führten die Experimente der Verfasserin mit Elodeasprossen zu keinem Ziel, wenn eine diffuse Temperatursteigerung herbeigeführt wurde. Wohl aber gelang es bei lokaler Erwärmung Strömung hervorzurufen. Die Versuchsanordnung bestand darin, daß über die Blätter unverletzter Sprosse Glaskapillaren gelegt wurden, durch die ein ständiger Strom warmen Wassers ging. Daraus folgt, daß ein Temperaturgefälle hergestellt werden muß, wenn in den Zellen Protoplasmaströmung veranlaßt werden soll. Die theoretische Deutung der Versuchsergebnisse ist noch nicht klar. Möglicherweise beruht die Wirksamkeit der Lichtstrahlen darauf, daß entsprechend den Angaben *Tröndles* die Permeabilitätsverhältnisse der Zellhaut geändert und dadurch Stoffwanderungen veranlaßt werden.

Neuere Arbeiten über Photo- und Geotropismus (*H. Sierp*, Zeitschrift für Botanik *11*, 1919). Die phototropischen Reaktionen der Pflanzen stellen ein Kapitel der Reizphysiologie dar, das in der neuesten Zeit auf das lebhafteste behandelt wird, so daß sich die Veröffentlichungen auf diesem Gebiet ungemein drängen. Deshalb ist die übersichtliche Zusammenstellung der neueren Literatur durch *Sierp* sehr zu begrüßen. Zwei markante Punkte in der Entwicklung des Problems stellen die Arbeiten von *Blaauw* und von *Paal* dar, über die beide in dieser Zeitschrift berichtet wurde. *Blaauw* führt die bestimmt gerichteten Lichtkrümmungen der Pflanzen darauf zurück, daß durch die einseitige Belichtung das Wachstum auf der helleren Fläche in anderer Weise beeinflußt wird als auf der dunkeln. Die Krümmung ist etwas Sekundäres, sie ist der Ausdruck der durch die verschiedene Lichtintensität bedingten Wachstumsdifferenz zwischen Vorder- und Rückseite. *Paal* gelangte durch Versuche, bei denen es glückte, die phototropische Krümmung von einseitig belichteten Keimlingsspitzen auf ungereizte Stümpfe durch eine zwischengelagerte Gelatineschicht hindurch zu übertragen, zu der Auffassung, daß die Reizleitung auf Diffusionsvorgängen beruht. *Paal* stellt sich nun das Zustandekommen der phototropischen Krümmung derart vor, daß bei dem normalen, ungereizten Keimling in der Spitze ein diffusionsfähiger Stoff produziert wird, der das normale Wachstum reguliert und im ganzen Keimling gleichmäßig abwärts wandert. Stellt man sich nun vor, daß dieser Stoff bei einseitiger Belichtung entweder in seiner Bildung gehemmt oder photochemisch zersetzt wird oder daß seine Abwärtsleitung unterbunden wird, dann muß eine Krümmung zustande kommen. Wie man sieht, läßt sich die Theorie *Paals* sehr wohl mit jener von *Blaauw* vereinigen. Es verdient Beachtung, daß in neuerer Zeit auch *Bremekamp* zu verwandten Vorstellungen gelangt ist. Wesentlich ist, daß durch all diese Untersuchungen die alte Streitfrage, ob für die phototropischen Reaktionen die Einfallsrichtung der Lichtstrahlen oder die Differenz der Lichtintensität auf der Vorder- und Rückseite maßgebend ist, sich im letzteren Sinne zu entscheiden scheint. Allerdings sind in anderen Arbeiten noch Erfahrungen zutage getreten, die sich vorläufig noch nicht einwandfrei diesen Vorstellungen fügen, so daß das Problem noch keineswegs spruchreif ist.

Reversion in orientation to light in the colonial forms (*Mast*, Journ. of zool. I *26*, 1918, II ebenda *27*, 1919). Zahlreiche Mikroorganismen besitzen das Vermögen, auf Grund ihrer Eigenbewegung ihre Lage zum Licht selbsttätig zu verändern, d. h. entweder der Lichtquelle zuzuwandern oder sich von ihr zu entfernen (+ bzw. — Phototaxis). Es ist auch schon lange bekannt, daß auch bei ein und demselben Organismus der Bewegungssinn sich je nach den Verhältnissen umkehren kann (Stimmungswechsel). *Mast* hat in zwei neueren Arbeiten diese Vorgänge für einige Vertreter der zu den Flagellaten gehörigen Gruppe der Volvocales (Spondylomorum, Volvox und Pandorina) näher untersucht und gefunden, daß der Experimentator es in der Hand hat, negative Phototaxis in positive und positive in negative umzuwandeln. Ein solcher Umschlag kann durch Veränderung der Beleuchtung, der Wärme und durch bestimmte chemische Einwirkungen erzielt werden. Dunkeladaptierte Kolonien von Volvox und Pandorina reagieren meist positiv bei schwacher, negativ bei starker Beleuchtung. Durch Herabsetzung der Lichtintensität gelingt es, die negativen Reaktionen in positive überzuführen. Bei Dauerbelichtung dunkeladaptierter Formen findet ein wiederholtes Oszillieren zwischen + — und — Verhalten statt. Einwirkung von Anaestheticis (Chloroform, Äther, Chloralhydrat) führt in übereinstimmender Weise bei Spondylomorum, Volvox und Pandorina einen Umschlag von negativer in positive Phototaxis herbei. Ähnliche Erfolge werden durch Säuren und durch Erhöhung der Temperatur erzielt, während Herabsetzung der Wärme und bei Spondylomorum auch die Verstärkung der Konzentration des Milieus im entgegengesetzten Sinne wirken. Aber auch innere Faktoren sind für das Verhalten der untersuchten Organismen maßgebend. So hat sich gezeigt, daß junge Kolonien von Volvox und Pandorina hauptsächlich negativ gestimmt sind, während ältere zu positiven Reaktionen neigen. Auf diese Weise erklärt es sich, daß in einem Gemisch verschieden alter Kolonien bei einseitiger Belichtung eine Entmischung derart eintritt, daß sich die alten Kolonien an der Licht-, die jungen an der Schattenseite des Versuchsgefäßes ansammeln. Worauf in all diesen Fällen der Stimmungswechsel beruht, ist noch keineswegs geklärt.

The relation between spectral color and stimulation in the lower organism (*Mast*, Journ. of exp. zool. *22*, 1917). Die Empfindlichkeit für Licht verschiedener Wellenlänge ist sowohl von botanischer als auch von zoologischer Seite bei zahlreichen Organismengruppen untersucht worden, und der Vergleich hat dabei ergeben, daß die Strahlenbezirke, welche die stärkste Anziehung bzw. Abstoßung bewirken, recht weit voneinander differieren können. *Mast* hat diese Verhältnisse bei einer Reihe niederer Organismen (Flagellaten, Würmer, Fliegenlarven) einer erneuten Prüfung unterzogen. Er arbeitete mit spektral zerlegtem Licht und fand, daß die systematische Verwandtschaft kein absoluter Maßstab für das Verhalten bestimmten Lichtfarben gegenüber ist. Das Maximum der Wirksamkeit kann für verwandte Formen bei verschiedenen Wellenlängen liegen (z. B. Gonium und Pandorina)

und umgekehrt können entfernt stehende Gattungen ein gemeinsames Maximum aufweisen (z. B. Euglena und Lumbricus). Im Blau lagen die Maxima bei den Gattungen Euglena, Trachelomonas, Phacus, Gonium, Arenicola und Lumbricus, im Grün bei Pandorina, Eudorina, Spondylomorum, Chlamydomonas und den Fliegenlarven. Die erste Gruppe schließt sich also im wesentlichen den höheren Pflanzen an, für die ebenfalls ein maximaler Effekt im Blau gefunden wurde. Beachtung verdient aber, daß es noch Organismen gibt, die maximale Ansammlung an dem entgegengesetzten Ende des Spektrums im Rot zeigen. Dies ist schon 1882 von *Engelmann* beobachtet und neuerdings für eine ganze Reihe von Purpurbakterien bestätigt worden. Auch bei den Pilzen scheint die stärkste Empfindlichkeit nach der langwelligen Seite des Spektrums verschoben zu sein. Das zeigt also, daß im Laufe der phylogenetischen Entwicklung eine weitgehende Spezialisierung des Lichtempfindungsvermögens eingetreten ist.

Neue Methode der Kohlenwasserstoffanalyse mit Hilfe von Bakterien (*J. Tausz* und *M. Peter*, Centrbl. f. Bakt. *II.* Abt. 49, 1919). Seitdem *Pasteur* auf biochemischem Wege, d. h. unter Mithilfe von Mikroorganismen Razemate zerlegte, hat sich diese Methode in manchen Fällen in der Chemie eingebürgert. So ist es beispielsweise geglückt, die verschiedensten Zuckerarten, deren Unterscheidung mit chemischen Methoden nicht gelingt, durch Hefepilze zu isolieren. Ein neues derartiges Verfahren führen *Tausz* und *Peter* in die Chemie ein, und zwar handelt es sich um die Isolierung von zyklisch gesättigten Kohlenwasserstoffen (Naphthenen) aus Mischungen mit aliphatisch gesättigten Kohlenwasserstoffen (Paraffinen). Auch hier war die Trennung mit rein chemischen Hilfsmitteln bisher unmöglich. Nun ist es den Verfassern geglückt, drei neue Kohlenwasserstoffbakterien (Bacterium aliphaticum, B. aliphaticum liquefaciens und Paraffinbakterium) zu isolieren, die ihren Kohlenstoffbedarf aus den verschiedensten Paraffinkohlenwasserstoffen bestreiten können, während sie zyklische Kohlenwasserstoffe nicht angreifen. Impft man daher ein Gemisch aliphatischer und aromatischer Kohlenwasserstoffe mit den genannten Organismen, dann werden die aliphatischen Bestandteile quantitativ aufgebraucht und der zyklische Rest bleibt rein zurück. Auf die große Bedeutung dieses Verfahrens für die Analyse von Erdölen, die ja solche Gemenge darstellen, braucht nicht besonders hingewiesen werden. Daß Mikroorganismen Kohlenwasserstoffe in ihren Stoffwechsel hereinzuziehen vermögen, ist nicht neu. Es sei hier nur an die Methanbakterien erinnert. Sogar festes Paraffin wird, wie *Rahn* nachgewiesen hat, von einer Schimmelpilzspezies assimiliert. Insofern schließen sich also die Ergebnisse an bekannte Erfahrungen an.

Über Variabilität und Erblichkeit. (*C. v. Wisselingh*, Zeitschr. f. indukt. Abstammungsl. *22*, 1920.) Es sind in den letzten Jahren eine ganze Reihe von Fällen bekannt geworden, bei denen Riesenwuchs mit einer Verdoppelung des Chromosomenbestandes verknüpft ist. Das erste derartige Beispiel bildete Oenothera gigas, die doppelt so viele Chromosomen aufweist als die Ausgangsform O. Lamarckiana (28 gegen 14). Entsprechend verfügt die normale Form von Primula sinensis über 24, die zugehörige Gigasform über 48 Chromosome. Während diese Riesen auf geschlechtlichem Wege entstanden sind, konnte *Winkler* bei Solanum nigrum und S. Lycopersicum Gigasformen mit verdoppelter Chromosomenzahl durch Keilpfropfung, also auf vegetativem Wege, erzeugen. Vermutlich haben hier an der Verwachsungsstelle Kernfusionen stattgefunden. Ferner gehören hierher die Riesenformen, welche die Brüder *Marchal* bei Moosen beobachteten. Hier ist die Verdoppelung des Chromosomenbestandes durch Unterdrückung der Reduktionsteilung zustande gekommen. Einen neuen, interessanten Fall von Riesenwuchs beschreibt *Wisselingh* bei der Fadenalge Spirogyra. Durch Abkühlung, durch Einwirkung von Anaestheticis und durch Zentrifugieren gelingt es hier, Zellen mit 2 Kernen oder mit einem Riesenkern zu erzeugen. Auch hier ist die Vermehrung des Chromosomenbestandes in der Zelle mit einer entsprechenden Vergrößerung der Dimensionen verknüpft, und während bei Oenothera und Primula ein Zweifel darüber bestehen kann, ob der Riesenwuchs eine Folge der Chromosomenverdoppelung ist, liegen die Verhältnisse bei Spirogyra durchaus klar und eindeutig. Man kann beobachten, wie durch den Eingriff zunächst die Kernverhältnisse gestört werden und dann Riesenwuchs resultiert. Von den doppelkernigen Zellen leiten sich doppelkernige Fäden ab, und es verdient Beachtung, daß auch bei Kopulation der Riesenwuchs erhalten bleibt. *P. Stark.*

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Über den Dissoziationszustand der Fixsterngase. Wie bereits *A. Kohlschütter* im vorigen Jahrgang dieser Zeitschrift (Heft 5, 6 und 16) in seiner schönen Abhandlung „Der innere Aufbau der Sterne" berichtet hat, ist es *A. S. Eddington* 1916 gelungen, eine sehr befriedigende Theorie der Fixsterne aufzustellen. Die einzige, mit einer gewissen Willkür behaftete Größe in der Eddingtonschen Theorie — wegen der Einzelheiten derselben sei auf die genannte Arbeit *Kohlschütters* verwiesen — ist das Atomgewicht der Fixsterngase, für das *Eddington* zunächst den Wert 2, später, infolge eines rechnerischen Versehens, die Zahl 2,8 annimmt. Die vorliegende, in der Physikalischen Zeitschrift *20*, 570, 1919, von *John Eggert* veröffentlichte Arbeit versucht es, den Wert dieser für die Theorie sehr wichtigen Zahlenkonstante vom thermochemischen Standpunkt zu begründen. Nach der Eddingtonschen Annahme sind im Sterninnern, in dem eine Temperatur von 10^6—$10^{7.}$° abs. und ein Druck von 10^7 at herrscht, alle Atome so weitgehend dissoziiert, daß sie nur noch aus Elektronen und den zugehörigen positiv geladenen Atomkernen bestehen. Eine einfache Überlegung im Sinne des Rutherford-Bohrschen Atommodelles führt zu dem Schluß, daß bei völliger Aufspaltung des Atoms in dieser Weise auf jedes einzelne bei der Dissoziation entstehende Teilchen ein mittleres Atomgewicht von etwa 2 kommen muß, da ein undissoziiertes Teilchen von der Masse m bei der Dissoziation seine Masse (scheinbar) verteilt auf $\frac{m}{2} + 1$ Teilchen (Elektronen + Kern).

Eggert legt nun seiner Rechnung ein mittelgroßes Atom von kosmisch vorwiegendem Vorkommen — das Eisenatom — zugrunde und berechnet zunächst mit Hilfe der Bohrschen Vorstellungen über den Atombau, welche Energie nötig ist, um von einem Mol Eisen, d. h. $6{,}2 \cdot 10^{23}$ Atomen, den äußersten Ring von acht Elektronen zu dissoziieren. Es ist das eine Wärme-

menge von $1{,}8 \cdot 10^7$ cal. Mit dieser Zahl wendet er auf den genannten Dissoziationsvorgang das Nernstsche Wärmetheorem an, indem er berechnet, welche Temperatur — bei dem vorgegebenen Druck von 10^7 at — erforderlich ist, um die erste Ringdissoziation zu erreichen. Es ergeben sich dabei 10^5—10^6 ° abs. Hieraus ersieht man, daß bei den von *Eddington* geforderten Temperaturen von 10^6—10^7 ° eine noch weitergehende Dissoziation stattfinden muß. Die in der gleichen Weise fortgesetzte Rechnung zeigt, daß von dem Eisenatom 2 Elektronenringe abdissoziieren müssen, im ganzen also 16 Elektronen plus ein 16-fach positiv geladener „Trümmer" entstehen. Diese 17 Teilchen partizipieren an der durch den Dissoziationsvorgang praktisch unveränderten Masse des Eisenatoms 56; das Atomgewicht des Fixsterngases erhält also den Wert $56/17 = 3{,}3$, und das ist annähernd der Wert, den *Eddington* seiner Theorie zugrunde legt (2,8). Zum Schluß bemerkt der Verfasser, daß die berechneten Atomdissoziationswärmen von 10^7—10^8 cal noch bei weitem nicht an die beim radioaktiven Zerfall freiwerdenden Energiemengen ca. 10^{12} cal pro Mol heranreichen. An eine Dissoziation des Kernes, der ja den Sitz der Radioaktivität darstellt, ist daher selbst bei Sterntemperaturen noch nicht zu denken. Sie erfolgt nach dem Nernstschen Wärmetheorem erst bei 10^{11} °. *Autoreferat.*

Zur Kenntnis des „grünen Strahles". Zu den wenig erforschten Teilerscheinungen des Dämmerungsphänomens gehört der sogen. „grüne Strahl" oder das „blaugrüne Flämmchen", ein blitzartig im Augenblicke des Untertauchens der Sonne unter den Horizont auftretender und verschwindender Schein von der im Namen angegebenen Färbung (vergl. *S. Günther*, Geophysik *II*, 107). Die übliche Erklärung sieht in dem grünen oder blaugrünen Strahle das blauviolette Ende des vom letzten sichtbaren Sonnensegmente gelieferten Spektrums. Da an Land die Sonnenuntergänge meist durch Verdeckung des Horizontes oder durch den Dunst der erdnahen Luftschichten getrübt werden, ist die See das geeignete Feld zur Beobachtung dieser Erscheinung. Das Ergebnis einer längeren auf Seereisen gesammelten Beobachtungsreihe ist folgendes: Bei der großen Mehrzahl der Sonnenuntergänge war vom Aufschießen eines grünen Strahles nicht die Rede. Es waren nur rote Farbtöne wahrnehmbar. Bei einer weiteren Anzahl von Beobachtungen rief der Augenblick des Sonnenunterganges in der Tat eine grüne Lichtempfindung hervor, indessen eine so undeutliche, daß eine Täuschung des angestrengten Auges oder eine voreingenommene Deutung der Empfindung — man sieht ja in solchen Fällen leicht, was man zu sehen wünscht — nicht auszuschließen war. Hinter diese Beobachtungen ist also ein Fragezeichen zu setzen. Alles in allem bleibt nur ein einziger Fall, der wirklich überzeugend wirkte und auf Objektivität Anspruch machen kann. Ort dieser Beobachtung war das nordchilenische Küstenmeer auf der Höhe von Antofagasta. Die Luft war wolkenlos und bei südwestlichem Winde dunstfrei. Die Erscheinung offenbarte sich in der Weise, daß im Augenblicke des Verschwindens der Sonne das letzte Segment in hellsmaragdgrünem Lichte aufleuchtete. Sie war so deutlich, daß sie im Gegensatze zu den übrigen Fällen das Bewußtsein hervorrief, den grünen Strahl wirklich „gesehen" zu haben. Dieser Fall gewinnt nun dadurch an Wert, daß er gleichzeitig von einem zweiten Beobachter mit derselben überzeugenden Deutlichkeit wahrgenommen wurde und wie auf Kommando einen gemeinsamen Ausruf der Überraschung hervorrief. — Die angeführte Erklärung des grünen Strahles, welche die Ursache in das Sonnenlicht verlegt, befriedigt nicht völlig. Denn in diesem Falle müßte die Erscheinung allgemein verbreitet und häufiger einwandfrei festzustellen sein. Auch ist der Schein nicht blauviolett, sondern grün. Da Grün die Gegenfarbe von Rot ist, und da eine individuelle psychische Täuschung der angeführten Art durch die doppelte Beobachtung ausgeschlossen wird, so liegt es nahe, die Ursache der Erscheinung statt ins Sonnenlicht ins Auge des Beobachters zu verlegen und sie nicht physikalisch, sondern physiologisch aufzufassen. Es würden dann auch sich widersprechende Angaben über Vorkommen und Häufigkeit des grünen Strahles und jene zweifelhaften Empfindungen verständlich werden. Gewiß spielen aber auch physikalische Verhältnisse, in erster Linie die mit den wechselnden atmosphärischen Zuständen verbundenen Intensitätsschwankungen des roten Lichtes eine begleitende Rolle. In dieser Hinsicht ist es interessant, daß die klimatisch-meteorologischen Verhältnisse am Orte des angeführten hervorragenden Beispieles denen des Gebietes ähnlich sind, in dem der grüne Strahl als eine regelmäßige Erscheinung beschrieben worden ist, Ägyptens, wo man sogar die Grünfärbung der Sonne auf alten Denkmälern mit ihm in Verbindung gebracht hat. Weitere Untersuchungen über die Erscheinung hätten demnach neben genauer, womöglich unter Kontrolle vorgenommener Feststellung der physiologischen Verhältnisse auch die geographische Verbreitung zu berücksichtigen und in erster Linie nach einem Zusammenhange mit Trockengebieten zu suchen. *B. Brandt.*

Eine Theorie der Flußmäander. Daß die als Mäander bezeichneten Flußwindungen nicht zufällige Erscheinungen, sondern dynamische Gleichgewichtsformen sind, ist schon früher in dieser Zeitschrift dargelegt worden[1]). Faßt man die seitlichen Bewegungen des Wassers in einem mäandernden Fluß als stehende Schwingungen auf, die der Abflußbewegung überlagert sind, so ist die Geschwindigkeit des Wassers u in der Richtung des mittleren Gefälles der Berechnung zugänglich, wenn man die Wellenlänge der Mäander λ, die Breite des von den Mäanderwellen eingenommenen Talbeckens b, die mittlere Wassertiefe h und die Schwere g kennt. In einem am 20. November 1919 gehaltenen Akademievortrag kommt *F. M. Exner*[2]) aus theoretischen Erwägungen zu dem Resultat, daß $u = \frac{\lambda}{2b} \cdot \sqrt{gh}$ ist. Eine Prüfung dieser Formel sowohl an natürlichen Flußläufen als auch durch das Experiment ergab, daß die berechnete Geschwindigkeit zwar der Größenordnung nach ungefähr richtig, in der Regel aber größer ist als die beobachtete. In Wirklichkeit sind nämlich die Vorgänge nicht so einfach, wie es für die theoretische Berechnung vorausgesetzt werden muß. Insbesondere strömt das Wasser nicht in parallelen Stromlinien, sondern infolge der stets vorhandenen Turbulenz auf unregelmäßig verschlungenen Wegen, wodurch die Energie der Strömung

[1]) Der Einfluß des dynamischen Gleichgewichtes auf die Formen der festen Erdoberfläche. Von *Otto Baschin*. Die Naturwissenschaften, Berlin, 1918, 6. Jahrg. S. 355 bis 358.

[2]) Zur Theorie der Flußmäander. Von *Felix M. Exner*. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, Math.-nat. Kl. Abt. II a, 1919, Bd. *128*. 10. Heft. 21 S. m. Abbild.

zum Teil aufgezehrt wird. Diese Erklärung wird auch durch die Tatsache gestützt, daß die Formel bei langsamem Fließen in tiefem Wasser besser stimmt als bei größerer Geschwindigkeit in seichtem. Die eigentümlichen Beziehungen zwischen der Wassergeschwindigkeit und den Dimensionen des Mäanders, seiner Wellenlänge und Breite sowie der Wassertiefe wird jedenfalls qualitativ durch die Theorie richtig wiedergegeben, ebenso das Abwärtswandern der Windungen bei Verbreiterung des Mäandergürtels und das annähernd konstante Verhältnis von Wellenlänge und Breite bei ausgebildeten Mäandern in demselben Flusse. Es wäre zu wünschen, daß die natürlichen Flußläufe unter dem Gesichtspunkt der Exnerschen Theorie von geographischer Seite einer gründlichen Bearbeitung unterzogen würden *O. Baschin.*

Die Luftstickstoffindustrie in Amerika. Bis zum Ausbruch des Krieges war die Luftstickstoffindustrie in den Vereinigten Staaten von Amerika recht unbedeutend, sie hat aber in den letzten drei Jahren große Fortschritte gemacht. Ebenso wie bei uns hat die Luftverbrennung im elektrischen Flammenbogen auch in Amerika keine weitere Verbreitung erlangt, sondern man hat auch dort dem Kalkstickstoffverfahren und dem Ammoniakverfahren von *Haber*, das in Amerika in abgeänderter Form zur Anwendung gelangen soll, den Vorzug gegeben und das so gewonnene Ammoniak auf katalytischem Wege in Salpetersäure verwandelt, für die im Zusammenhang mit dem großen Bedarf an Munition eine starke Nachfrage herrschte. Die Gesamterzeugung dieser Anlagen, deren Ausbau im Frühjahr beendet sein sollte, beträgt 225 000 t Salpetersäure (100-prozentig), das ist zweiundeinhalbmal so viel, als die gesamte Salpetersäureerzeugung der Vereinigten Staaten im Jahre 1914 ausmachte.

Die erste Anlage zur katalytischen Oxydation von Ammoniak wurde im Jahre 1916 von der *American Cyanamide Co.* in Warners, N. J., mit sechs Katalysiereinheiten errichtet. Diese Anlage sollte stündlich 14 Pfd. Salpetersäure liefern, doch wurde diese Leistung durch Verbesserung der Apparatur und der Arbeitsweise auf über 40 Pfd. in der Stunde erhöht. Als Katalysator wird ein Platingazegewebe von etwa 2 Quadratfuß Fläche benutzt, das elektrisch geheizt wird. Das Ammoniak wird direkt den Autoklaven entnommen, in denen der Kalkstickstoff zersetzt wird; sie liefern etwa 30 t Ammoniakgas im Tage, das in der Hauptsache auf verdichtetes Ammoniakwasser verarbeitet und in dieser Form an die anderen Salpetersäurefabriken verfrachtet wird. Ende 1917 wurde die *Air Nitrates Corporation* gegründet, mit dem Zweck, für Rechnung der Regierung den Bau und Betrieb von Anlagen zur Gewinnung von Ammoniumnitrat aus Kalkstickstoff zu übernehmen. Diese Gesellschaft hat drei Fabriken errichtet, eine in Muscle Shoals, Alabama, eine weitere in Cincinnati und die dritte bei Toledo, Ohio.

Die Baukosten für diese Anlagen betrugen 75 Mill. Dollar, das Kapital für den Bau und den Betrieb dieser Fabriken hat die amerikanische Regierung zur Verfügung gestellt. Die American Cyanamide Co. erhält für die Ausnützung ihrer Patente eine Lizenzgebühr; diese Gesellschaft hatte im Geschäftsjahr 1918/19 Aufträge für etwa 6 Mill. Dollar. Die Anlage in Muscle Shoals ist für eine jährliche Erzeugung von 90 000 t hundertprozentiger Salpetersäure berechnet, die beiden anderen Anlagen liefern zusammen ebensoviel. Alle drei Fabriken benutzen als Katalysatoren für die Ammoniakverbrennung Platingazegewebe, die elektrisch geheizt werden. Daneben arbeitete noch eine Versuchsanlage der Regierung in Sheffield, Ala., die unter dem Namen Nitrate Co. Nr. I bekannt ist und jährlich etwa 15 000 t Salpetersäure liefert. Weiter besitzt die *Semet-Solvay Co.* eine Ammoniakverbrennungsanlage in Syracuse. Diese beiden Anlagen verwenden Platingaze, die in Zylinderform gewalzt ist und durch äußere Erhitzung auf die Reaktionstemperatur gebracht wird. Diese Anordnung soll ein erheblich rascheres Durchleiten der Gase gestatten als die elektrisch geheizten Siebe. Nachdem die Oxydation des Ammoniaks durch äußere Erhitzung eingeleitet ist, soll die Temperatur durch die Reaktionswärme von selbst aufrechterhalten werden. Schließlich hat noch die Marineverwaltung in Indianhead, M., eine Ammoniakfabrik errichtet, die nach dem abgeänderten Verfahren von *Haber* arbeitet. Auch das hier gewonnene Ammoniak wird in Salpetersäure verwandelt, die Erzeugung dieser Anlage soll 30 000 t Salpetersäure jährlich betragen. (Chem. Ind. 1919, S. 50.) *S.*

Einheitliche Elektrizitätsversorgung in England. Ein großzügiges Projekt ist während des Krieges in England in Angriff genommen worden. Im Hinblick auf den von Jahr zu Jahr steigenden Kohlenbedarf der Industrie sowie unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Kohlenlager Großbritanniens nach den vorliegenden amtlichen Schätzungen voraussichtlich schon in 300 Jahren erschöpft sein werden, hat der zu Beginn des Krieges eingesetzte Ausschuß für Kohlenerhaltung bei der Regierung die Schaffung einer einheitlichen Versorgung des ganzen Landes mit elektrischem Strome angeregt. An Stelle der jetzigen systemlosen Krafterzeugung durch zahlreiche kleine Werke sollen 16 Großkraftwerke errichtet werden, die durch Fernleitungen das ganze Land mit elektrischem Strom versorgen sollen. Die von dem Ausschuß für Kohlenerhaltung ausgearbeitete Denkschrift berechnet, daß durch diese Maßnahme statt der bisher zur Krafterzeugung alljährlich verbrauchten 80 Mill. t Kohle im Werte von 800 Mill. M. künftig nur 25 Mill. t Kohle erforderlich wären, so daß sich also jährlich eine Ersparnis von 550 Mill. M. ergeben würde. Durch Ausnutzung der bisher nicht gewonnenen Nebenprodukte aus der Kohle glaubt man diese Ersparnisse sogar noch ganz beträchtlich vergrößern zu können. Die 16 Kraftwerke sollen Maschineneinheiten von mindestens 20 000 PS erhalten und außerhalb der Städte an Wasserwegen angelegt werden. Die Kohle soll unter Gewinnung sämtlicher Nebenprodukte zunächst verkokt und das hierbei erzeugte Gas sowie der Koks zur Stromerzeugung benutzt werden. Ferner sollen, um die Belastung der Kraftwerke möglichst gleichmäßig zu gestalten, wichtige elektrochemische Betriebe in der Nachbarschaft der Kraftwerke angesiedelt werden.

Ein derartiger Zusammenschluß von mehreren großen Werken zu einem gemeinsamen Netz besteht der „Chemischen Industrie" zufolge bereits im Nordosten des Landes, so daß dort trotz wenig entwickelter Industrie die Stromkosten für die kWst nur etwa 4 Pfg. betragen, während in dem industriereichen Lancashire die kWst auf 8—16 Pfg. zu stehen kommt. Die 16 Kraftwerke, von denen einige bereits im Jahre 1918 in Betrieb genommen worden sein sollen, sind als private Unternehmungen gedacht, die aber der Aufsicht eines staatlichen Elektrizitätsamtes unterstellt werden sollen. An allen Stellen des Landes, wo sonst noch überschüssiges Gas oder überschüssige Kraft vor-

handen sind, will man diese in elektrischen Strom umwandeln und dem Hauptnetz zuführen.

Wie man hieraus sieht, ist man in England eifrig bemüht, der bisherigen Brennstoffverschwendung ein Ende zu machen. Dieses Vorgehen verdient auch bei uns volle Beachtung und Nachahmung, wozu die Grundlagen durch den im Oktober vorigen Jahres erfolgten Zusammenschluß einer Reihe von süddeutschen Kraftwerken (Mannheim, Darmstadt, Offenbach, Gewerkschaft Gustav in Dettingen i. B. und anderen) bereits geschaffen sind.

Ein neues Verfahren zur Gewinnung von Argon. Bei der zunehmenden technischen Bedeutung des Argons ist ein einfaches Verfahren zur Darstellung dieses Gases auf billigem Wege von erheblicher Wichtigkeit. Da die atmosphärische Luft fast 1 Volumprozent Argon enthält, ist sie das gegebene Ausgangsmaterial zur Herstellung dieses Gases. Man verfuhr bisher in der Regel in der Weise, daß man die Luft zunächst sorgfältig von Kohlensäure und Wasserdampf befreite und sie dann wiederholt über glühendes Magnesium- oder Calciummetall leitete. Hierbei wird sowohl der Sauerstoff als auch der Luftstickstoff gebunden und es bleibt schließlich reines Argon übrig. Auf einem anderen Wege gelang *Cavendish* die Trennung des Stickstoffs und Sauerstoffs vom Argon. Er setzte der Luft überschüssigen Sauerstoff zu und ließ durch dieses Gemisch den elektrischen Funken hindurchschlagen, bis der Stickstoff völlig oxydiert war; die so gebildete Salpetersäure wurde mit Ammoniak oder Natronlauge absorbiert. Nach beiden Methoden ist die Entfernung des Stickstoffs aus der Luft recht zeitraubend, sie können daher zur Herstellung von Argon in größeren Mengen keine Verwendung finden.

Nach einem neuen von der Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron angegebenen Verfahren (D. R. P. 295 572) läßt sich Argon bequemer als aus Luft aus technischem Sauerstoff gewinnen, der durch Rektifikation von verflüssigter Luft hergestellt ist. Denn in dem Luftverflüssigungsapparat findet eine Anreicherung des Argons statt, so daß der Sauerstoff mehr Argon enthält als die ursprüngliche atmosphärische Luft; außerdem sind in dem Sauerstoff nur geringe Mengen Stickstoff noch enthalten, so daß die Abscheidung des Argons in reinem Zustand verhältnismäßig einfach ist. Zur Trennung des Argons vom Sauerstoff verbrennt man den Sauerstoff einfach mit der äquivalenten Menge Wasserstoff zu Wasser, und zwar nimmt man diese Verbrennung am besten in einem geschlossenen, mit Wassermantel versehenen Metallzylinder vor, an dessen gekühlten Wandungen die heißen Verbrennungsgase stark abgeschreckt werden, so daß der gebildete Wasserdampf zu flüssigem Wasser kondensiert wird. In der Knallgasflamme wird auch der dem technischen Sauerstoff beigemengte Stickstoff völlig zu Stickoxyden verbrannt, die sich mit dem entstehenden Wasser zu Salpetersäure umsetzen und zusammen mit dem Wasser zur Abscheidung gebracht werden. Durch Anwendung geeigneter Reduzierventile läßt sich die Flamme leicht so einstellen, daß die theoretisch nötigen Mengen Sauerstoff und Wasserstoff zur Reaktion gelangen. Bei Anwendung von sehr reinem Wasserstoff läßt sich nach dem neuen Verfahren direkt reines Argon in kontinuierlichen Betrieb herstellen.

Ein neuer Gas-Sparbrenner. Bei der Zimmerbeleuchtung mit Gas fand bisher eine gewisse Verschwendung statt, denn es wurden fast allgemein Glühlichtbrenner von 70 bis 100 Kerzen Lichtstärke verwandt, während die am meisten benutzten elektrischen Glühlampen eine Lichtstärke von nur 16 bis 32 Kerzen besitzen. Bei dem heutigen, durch die Kohlennot verursachten Gasmangel mit seinen für den Verbraucher höchst unerfreulichen Folgen erschien es geboten, der bisherigen Verschwendung bei der Raumbeleuchtung mit Gas ein Ende zu machen und Brenner mit geringerem Gasverbrauch und dementsprechend niedrigerer Leuchtkraft zu verwenden, die ja auch in den meisten Fällen vollkommen ausreichend sind, wie ein Vergleich mit der elektrischen Beleuchtung zeigt.

Da eine Auswechslung der vorhandenen Gasbrenner gegen schwächere wegen der Schwierigkeiten bei der Materialbeschaffung und wegen der hohen Kosten nicht in Frage kommt, so ist es zu begrüßen, daß es gelungen ist, diese Änderung der Brenner auf einfachste Weise und ohne große Kosten auszuführen. Wie Ingenieur *Heuberger* in der Zeitschrift des Vereins der Gas- und Wasserfachmänner in Österreich und Ungarn 1919, S. 247—249, berichtet, kommen neuerdings leicht auswechselbare Einsatz-Brennerköpfe auf den Markt, die sowohl für stehende als auch für hängende Normalbrenner passen und zu billigen Preisen erhältlich sind. Die Anbringung dieser Sparbrennereinsätze ist recht einfach; bei dem gewöhnlichen Hängeglühlicht z. B. hat man nur das Mundstück herauszuschrauben, das Ersatzstück an seine Stelle zu setzen und die Düse des Brenners sowie die Luftöffnungen neu einzuregulieren. Der so hergestellte Sparbrenner liefert bei etwa 40 Liter stündlichem Gasverbrauch ungefähr 30 Kerzen. Auf ähnliche Weise nimmt man die Umänderung bei stehenden Gasbrennern vor, die nach dem Einsetzen des neuen Brennerkopfs stündlich nur noch etwa 60 Liter Gas verbrauchen und dafür 30—35 Kerzen liefern. Der Gasverbrauch wird also auf diese einfache Weise auf etwa die Hälfte vermindert, so daß also der Einzelne wie auch das Gaswerk hierdurch recht beträchtliche Ersparnisse erzielen. Die Einsatzteile können übrigens ebenso leicht wieder entfernt und die Brenner in ihren alten Zustand zurückverwandelt werden. *S.*

Die Ursachen der Klimaschwankungen der Vorzeit, besonders der Eiszeiten, behandelt in einem kritischen Aufsatze *Th. Arldt* in der Zeitschrift für Gletscherkunde, Band *11*, S. 1—27. Bei der Besprechung der einzelnen bisher verfochtenen Erklärungsversuche für das Auftreten der Klimaschwankungen werden zunächst solche abgehandelt, die in allgemeinen kosmischen Ursachen ihre Begründung suchen. Nach der Theorie von *Noelke* hat die Sonne während der Eiszeiten kosmische Nebelmassen durchquert, die einen Teil der Sonnenstrahlen absorbierten, wodurch auf der Erde eine Abkühlung eintrat. In der letzten Eiszeit stand die Sonne nach dieser Annahme im Orionnebel. Naturgemäß sind solche Hypothesen nicht zu beweisen, obschon ihre Möglichkeit an sich nicht bestritten werden kann. Ähnliches gilt von allen jenen Theorien, welche eine gewisse regelmäßige Wiederkehr der Eiszeiten durch das regelmäßige Eintreten des Sonnensystems in Teile des Weltenraumes mit abweichenden physikalischen Grundbedingungen erklären. Die geologischen Beobachtungen lassen bisher keine deutliche Regelmäßigkeit der eiszeitlichen Erscheinungen erkennen.

Die gleiche Ablehnung erfährt auch die Annahme einer Abhängigkeit der Eiszeiten von Sonnenfleckenperioden. Es wird gezeigt, daß stärkere Bewölkung,

hervorgerufen durch sonnenfleckenreiche Jahre, in höheren Breiten stets eine Erhöhung der Jahrestemperatur bewirkt. Somit kann einer solchen Ursache nicht eine allgemeine Abkühlung der Erde folgen.

Eine restlose Erklärung der eiszeitlichen Erscheinungen vermögen auch nicht jene Hypothesen zu geben, die in Schwankungen der Schiefe der Ekliptik oder der Exzentrizität der Erdbahn die Ursache sehen wollen. Wohl können diese Vorgänge eine geringfügige Änderung der Jahrestemperatur hervorrufen, die jedoch nicht ausreicht, die ganze Erde erfassende Klimaänderungen beträchtlicheren Ausmaßes zu erklären.

In das Gebiet uferlosen Spekulierens führen auch alle jene mehr oder weniger geistvoll begründeten Theorien, welche die Klimaschwankungen größeren Polverschiebungen zur Last legen. Tatsächlich erwiesen sind nur Verschiebungen sehr geringen Ausmaßes, die für unsere Frage ohne Belang sind. Ein Wandern des Poles über die halbe Erde hin, wie manche angenommen haben, müßte mit sehr erheblichen Störungen tektonischer Art verbunden sein, für die nähere Anhaltspunkte fehlen.

Viel Beachtung hat die *Frech-Arrheniussche* Kohlensäurehypothese gefunden. Nach ihr bedingt ein erhöhter Kohlensäuregehalt der Luft infolge der Zurückhaltung der dunklen Rückstrahlung der Erde eine allgemeine Erwärmung, während umgekehrt eine Verminderung des Gehaltes der Luft an diesem Gas eine Abkühlung im Gefolge hat. Zeiten starker vulkanischer Tätigkeit entspricht daher eine Erwärmung der Erde, und umgekehrt fallen die Eiszeiten in Perioden geringer vulkanischer Tätigkeit. Indes ist diesen Gründen kein weitgehender Einfluß einzuräumen, da das Experiment nur eine geringfügige Änderung der Absorption der Wärmestrahlen bei wechselndem Kohlensäuregehalt ergeben hat. *Chamberlin* und *Salisbury* haben diese Theorie noch ausgebaut. Nach ihnen hat das Emporsteigen der Gebirge im Tertiär eine verstärkte Abtragung und damit immer neue Freilegung von Gesteinsschichten zur Folge gehabt, was wiederum einen höheren Verbrauch an Kohlensäure bedingte. Die dadurch hervorgerufene Abkühlung setzte das Wasser instand, noch weitere Mengen Kohlensäure zu absorbieren und in gleichem Sinne wirkte das Eis. Beförderten diese Vorgänge einerseits das Auftreten der Eiszeiten, so wurden andererseits bei wachsender Eisbedeckung weite Landgebiete der Verwitterung durch die Atmosphärilien entzogen und somit ein dem erstbeschriebenen Vorgang entgegengesetzter eingeleitet, der schließlich zur Entstehung von Zwischeneiszeiten führen mußte.

Eine abkühlende Wirkung haben auch der Wasserdampf der Luft und ebenso die bei großen Vulkanausbrüchen entstehenden, oft gewaltigen Staubwolken, beides also Folgeerscheinungen vulkanischer Tätigkeit. Im Gegensatz zu *Frech*, der Eiszeiten mit Zeiten vulkanischer Ruhe gleichsetzte, ist hiernach die Eiszeit eher als eine notwendige Folge des Vulkanismus anzusehen; das entspricht durchaus den geologischen Verhältnissen, unter denen sowohl die permische wie auch die diluviale Eiszeit entstand.

Ablehnend verhält sich der Verfasser gegenüber allen Versuchen, die Erdwärme bei der Erklärung von Temperaturschwankungen größerer Bedeutung mit heranzuziehen. Gewiß ist für solche Annahme die Erbringung eines positiven Beweises sehr schwer. Andererseits leuchtet ein, daß selbst geringfügige Änderungen in der Erdwärme auf die klimatischen Verhältnisse der Oberfläche weitreichenden Einfluß auszuüben vermochten. Man wird die Möglichkeit einer solchen Einwirkung nicht von vornherein ablehnen dürfen.

Von beachtenswertem Einfluß auf das Klima muß auch die wechselnde Verteilung von Land und Wasser auf der Erde sein. *Semper* und *Kerner* haben eine bis um 6° höhere durchschnittliche Januartemperatur während des Tertiärs in gewissen Teilen der nördlichen Halbkugel lediglich aus der anderen Verteilung von Wasser und Land errechnet. Eine Weiterarbeit in dieser Richtung verspricht sicher noch Erfolge, doch müssen solchen Arbeiten möglichst zuverlässige paläogeographische Unterlagen zugrunde gelegt werden; es darf nicht eigens zu dem beabsichtigten Zwecke den Ergebnissen der Paläogeographie Gewalt angetan werden.

Eine von zahlreichen Forschern vertretene Ansicht sieht die Hauptursache der Klimaschwankungen in der Auffaltung der Gebirge oder der Hebung der Kontinente einerseits und in der Bildung von Tiefseegräben und Senkung des Meeresspiegels andererseits. Es erhellt, daß eine Heraushebung Skandinaviens um mehrere Hundert Meter ein weites Eisgebiet schaffen mußte. Es ist auch darauf hingewiesen worden, daß in Zeiten geringen Reliefs auf der Erdoberfläche, d. h. also in Zeiten tektonischer Ruhe, keine Möglichkeit zur Bildung einer Schneegrenze bestand, die ja erhebliche Höhenunterschiede voraussetzt. In diesem Zusammenhang ist wiederum die zeitliche Aufeinanderfolge von Eiszeiten auf Zeiten der Gebirgsbildung und vulkanischer Tätigkeit bedeutsam, die in anderem Sinne schon Erwähnung fand.

Zum Schluß betont der Verfasser, daß keine der besprochenen Ansichten für sich allein die restlose Erklärung für die Entstehung der Klimaschwankungen zu geben vermag. Vielmehr sieht er in dem Zusammenwirken einer Reihe von Vorgängen die Ursache und ordnet diese hinsichtlich ihrer Bedeutung in folgender Weise:

„1. Die Erhebung ausgedehnter Gebirge,
2. die Bildung von Tiefseebecken im Ozean,
3. die Senkung des gesamten Ozeangrundes und korrespondierend damit die Hebung der kontinentalen Gebiete.
4. intensive vulkanische Tätigkeit mit Höhenstaubwolken,
5. kleine Exzentrizität der Erdbahn,
6. Aufenthalt des Sonnensystems in sternenarmen Gebieten des Weltalls,
7. geringere Wärmestrahlung der Sonne,
8. geringere Schiefe der Ekliptik,
9. Verringerung des Kohlendioxydgehaltes der Luft,
10. die Verteilung von Land und Meer im Sinne von *Kerner*."

Von diesen Punkten werden 6. bis 10. ausdrücklich als akzessorisch bezeichnet. *W. K.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 25. (Seite 485—500) **18. Juni 1920.** **Achter Jahrgang.**

LIBRARY RECEIVED U. S. Department of Agriculture

INHALT:

Der Ursprung der Kometen. Von *Elis Strömgren, Kopenhagen.* (Mit 4 Abbildungen.) S. 485.

Über den Geruchsinn der Biene. Von *A. Kühn, Göttingen.* S. 491.

Der Baustein im alten Peru. Von *B. Brandt, Belzig i. d. M.* (Mit 1 Abbildung.) S. 493.

Zuschriften an die Herausgeber:

Über den im Hochgebirge bei Steinschlag auftretenden Geruch. Von *Adolf Smekal, Wien.* S. 496.

Die organische Ernährung bei höheren grünen Pflanzen. Von *Bornemann, Heidelberg.* S. 496.

Zur Theorie der Zwischenstufen bei chemischen Umwandlungen. Von *Eduard Färber, Berlin-Dahlem.* S. 497.

Zur Kenntnis des grünen Strahls. Von *A. Pütter, Bonn.* S. 497.

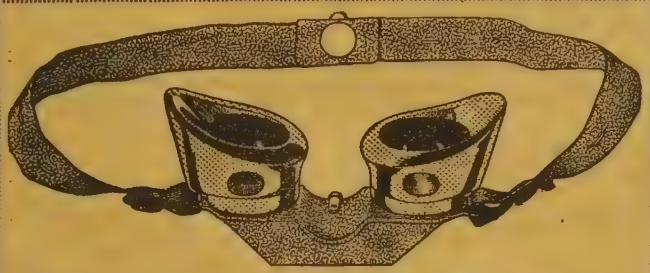
Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Aurel Steins Forschungsreise im Lop-Nor-Gebiet. Die Verteilung der Lufttemperatur in Deutschland. Terrestrial Magnetic Variations and their Connection with Solar Emissions. Die Sciroccos der Sinaiwüste. Vorläufige Ergebnisse militärischer aerologischer Stationen. S. 498—500.

Astronomische Mitteilungen:

Beobachtungen der Helligkeit, des Farbenindex und des Spektrums der Nova Aquilae 3. Künstliche Lichtkurven. S. 500.

ZEISS



Binokulare-Lupen

Räumliches Sehen
für botanische – zoologische –
mineralogische – chemische
Beobachtungen

LUPEN

für

Naturwissenschaftler und Naturfreunde

BERLIN HAMBURG CARL ZEISS JENA WIEN BUENOS AIRES

Druckschriften „Medlu 29" kostenlos

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 18.– für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.80.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.— für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23 24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser, Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Mineralien, Gesteine, Petrefakten,
Einzelstücke und Sammlungen,
alle naturwissenschaftlichen Lehrmittel
Dr. Paul Michaëlis
Sächs. Mineralien- u. Lehrmittelhandlung
Dresden-Blasewitz 2, Schubertstraße 8
Liste 1919 über Mineralien, Gesteine u. Petrefakten kostenlos.

Freunde der Himmelskunde
ladet die „Vereinigung v. Freunden d. Astron. u. kosm. Physik" (Vors. Geh. R. Foerster, Bornim-Potsdam) zum Betritt ein. Näheres und Probehefte der „Himmelswelt" durch (180)
Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin S.W. 68.

Zu kaufen wird gesucht: (206)
Die Naturwissenschaften Jahrg. 1—7, 1913—1919.
Offerten erbeten unt. L. P. 6138 an **Rudolf Mosse, Leipzig.**

Verlag von Julius Springer in Berlin W9

Vor kurzem erschien:

Das Problem der Entwicklung unseres Planetensystems

Eine kritische Studie

Von **Dr. Friedrich Nölke**

Zweite, völlig umgearbeitete Auflage

Mit einem Geleitwort

Von **Dr. H. Jung**
o. Professor der Mathematik an der Universität Kiel

Mit 16 Textfiguren — Preis M. 28.— (+ Teuerungszuschläge)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 18. Juni 1920. Heft 25.

Der Ursprung der Kometen[1].

Von Elis Strömgren, Kopenhagen.

Alle bekannten Kometen beobachteten wir innerhalb unseres Sonnensystems. Unsere Sonne ist *eine* unter Billionen Sonnen, die zusammen das Milchstraßensystem bilden, und aller Wahrscheinlichkeit nach ist unser Milchstraßensystem nur *eines* unter Millionen und wieder Millionen von ähnlichen Systemen.

Unser kleines Sonnensystem besteht aus der Sonne, den Planeten mit ihren Trabanten und den Kometen. Einer der Planeten ist die Erde, ein kleiner Himmelskörper, der für die meisten menschlichen Wesen ihre ganze Welt bedeutet. Die Kleinheit der Erde und unseres Sonnensystems im Verhältnis zum Universum ist eine wissenschaftliche Tatsache, die vor so langer Zeit bewiesen worden ist, daß sie fast zu einer Banalität geworden ist. Und doch ist es in diesen Zeiten der Mühe wert, daran zu denken, wie unbedeutend alles Menschliche ist und wie geringfügig alle unsere Angelegenheiten.

Unter den verschiedenen Himmelskörpern wollen wir uns heute mit den Kometen beschäftigen. Wir wollen uns auf die Frage beschränken: Woher kommen die Kometen, und wohin gehen sie? Sind sie ein Teil unseres Sonnensystems oder sind sie Vögel aus der Ferne, die sich nur kurze Zeit in der Nähe unseres kleinen Nestes aufhalten? Lange Zeit waren die Ansichten der Astronomen über diesen Punkt geteilt und veränderlich, aber heute sind wir imstande, eine positive Antwort auf die Frage nach dem Ursprung der Kometen zu geben.

Mit dem Aussehen eines Kometen sind wir alle vertraut. Die hauptsächlichen Teile sind der Kopf mit dem Kern darin und der Schweif. Aber wir wollen uns heute nicht mit dem Aussehen oder den physikalischen und chemischen Bedingungen beschäftigen, ich werde über den *Ursprung* der Kometen sprechen, und diese Frage ist verknüpft mit der Frage nach den *Bahnen* der Kometen.

Bis zu den Tagen *Tycho Brahes* glaubte man, daß die Kometen Erscheinungen in der Erdatmosphäre seien; *Tycho Brahe* gelang es, zu beweisen, daß sie Himmelskörper sind. Aber eine wirkliche Bestimmung der Kometenbahnen im Raum wurde erst gemacht, nachdem *Newton* das Gesetz der allgemeinen Massenanziehung entdeckt hatte. Dieses Gesetz ist die Grundlage für alle Berechnungen der Bahnen der Himmelskörper, und ohne ein Verständnis für seinen Inhalt ist es unmöglich, einer Erörterung des Problems der Bewegung der Himmelskörper zu folgen. Allgemein verständlich ausgedrückt und auf astronomische Probleme angewendet, sagt dieses Gesetz: Wo immer es zwei Himmelskörper gibt, da herrscht auch Anziehungskraft zwischen beiden. Und über die Stärke dieser Kraft sagt das Gesetz, daß sie desto größer ist, je größer die beiden Massen sind und je näher sie einander sind. Wir sind alle vertraut mit dem Verfahren, durch das man die Wirkung dieser Kraft auf zwei Himmelskörper, z. B. die Sonne und die Erde, demonstrieren kann. Das Ergebnis ist, daß der kleine Körper, die Erde, in einer ovalen Bahn um den großen Körper, die Sonne, laufen muß. Solcher Gestalt ist die Erdbahn und dergestalt sind auch die Bahnen der andern Planeten.

Daß die Gravitationskraft da ist, darüber besteht kein Zweifel. Sie ist da und wirkt immer und überall, wo es Materie gibt. Durch diese Kraft ist es möglich, die Bewegungen der Himmelskörper zu erklären, selbst bis in die kleinsten Einzelheiten. Wie läßt sich aber diese Kraft selbst erklären? Hier berühren wir den dunkelsten Punkt der ganzen astronomischen Wissenschaft. Wie schwierig diese Frage ist, illustrierte vor wenigen Jahren ein berühmter englischer Astronom. Als er von den Versuchen der modernen Physiker sprach, Atommodelle zu ersinnen, die imstande wären, die verschiedenen Eigenschaften der Materie zu erklären, sagte er: „Wenn ein neues Atommodell aufgestellt wird, so fragen wir, ob es den Zeemaneffekt erklärt, die chemische Affinität, die Dispersion des Lichtes und eine Menge damit zusammenhängender Erscheinungen. Aber man würde es unbillig (unfair) finden, zu verlangen, daß es die einzige fundamentale und allgemeine Eigenschaft der Materie, die Gravitation, erklären sollte."

Aber die Kraft ist da, und wir wissen, daß wir mit ihrer Hilfe imstande sind, die Gestalt der Planetenbahnen zu erklären. Eine mathematische Untersuchung des Problems aber zeigt, daß die Möglichkeit zweier anderer Arten von Bahnen in dem Problem der zwei Körper existiert. Die Bahnen, von denen wir gesprochen haben, sind die Ellipsen, die andern zwei Arten von Bahnen, die in dem Problem der zwei Körper möglich sind, die Parabel und die Hyperbel (Fig. 1). Der wesentliche Unterschied zwischen der Parabel und der Hyperbel auf der einen Seite und der Ellipse auf

[1] Populärer Vortrag, gehalten an der University of Chicago, den 9. November 1917. Übersetzt aus dem Popular Astronomy.

der andern ist, daß die Ellipse eine geschlossene Kurve ist und Parabel und Hyperbel offen sind mit Ästen von unendlicher Ausdehnung. Das bedeutet mit andern Worten: Eine elliptische Kometenbahn zeigt an, daß der Komet zu unserm Sonnensystem gehört, eine parabolische oder eine hyperbolische Bahn, daß er von draußen aus dem interstellaren Raum kommt. So scheint die ganze Frage des Ursprunges der Kometen sehr einfach. Wenn wir alle berechneten Kometenbahnen zusammenstellen, so finden wir, daß es eine gewisse Zahl von Hyperbeln und Parabeln gibt und eine andere Zahl von Ellipsen, woraus wir dann schließen müßten, daß einige Kometen von draußen gekommen sind und einige zu unserm Sonnensystem gehören. Ja, das Problem schien sehr einfach zu sein, und es wurde bis vor etwas mehr als 20

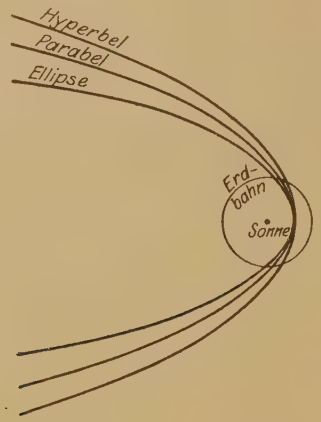


Fig. 1.

Jahren in dieser einfachen Weise behandelt, aber wir werden jetzt sehen, daß es in Wirklichkeit viel verwickelter ist.

* * *

Als wir von dem Problem der zwei Körper sprachen und von der Erklärung der Planeten- und der Kometenbahnen, übergingen wir absichtlich einen Punkt, der von großer Wichtigkeit ist, wenn wir *genaue* Berechnungen anzustellen haben. Wir wissen, wie die Sonnenanziehung einen Planeten, z. B. die Erde veranlaßt, um die Sonne eine Ellipse zu beschreiben. Wir können in derselben Weise zeigen, wie der Mars eine ähnliche Bahn um die Sonne beschreibt. Aber in Wirklichkeit ist außer der Anziehung zwischen Sonne und Erde und zwischen Sonne und Mars auch eine gegenseitige Anziehung zwischen Erde und Mars vorhanden, und trotz ihrer verhältnismäßigen Geringfügigkeit veranlaßt diese Kraft Abweichungen von den rein elliptischen Bahnen der zwei Planeten. Solche kleinen Abweichungen von der einfachen Ellipse nennt man Störungen. Die Berechnung der Störungen in den Bewegungen der Planeten ist zwei Jahrhunderte lang das Hauptproblem der theoretischen Astronomie gewesen.

Aber jetzt kommen wir zu dem wichtigen Punkte in dem Kometenproblem. Die Bahn, die man mit Hilfe der Beobachtungen eines Kometen berechnet, ist in Wirklichkeit nur für einen gewissen Zeitraum richtig, nämlich die Periode, während welcher man den Kometen beobachtet hat, d. h. in der Nachbarschaft des Perihels der Bahn — ganz einfach, weil der Komet jenseits eines gewissen Abstandes vom Perihel sowohl beim Kommen wie beim Gehen von der Erde aus gar nicht sichtbar ist (Fig. 1). In dieser Weise hat man mit Hilfe eines sehr kleinen Bahnabschnittes eine Bahn nach der andern berechnet. Im Laufe der Zeit bekam man eine Zusammenstellung von mehreren Hundert Kometenbahnen, und diese Zusammenstellung bildete die Grundlage für alle Schlüsse, die man hinsichtlich des Ursprunges der Kometen gezogen hat. Niemand erhob die Frage, ob der innerste Teil der Kometenbahn wirklich der wahre Ausdruck für den Weg ist, auf dem der Komet *ursprünglich* in die inneren Teile unseres Sonnensystems gelangte. Erst vor etwas mehr als 20 Jahren wurde die Frage erhoben: Haben nicht die großen Planeten unseres Sonnensystems einen bemerkbaren Einfluß auf die Kometenbahnen gehabt während der langen Zeit, die für den Eintritt in die inneren Teile unseres Sonnensystems erforderlich war? Ist nicht der Einfluß vielleicht so groß, daß er eine ursprünglich elliptische Bahn in eine hyperbolische hat verwandeln können und umgekehrt? Wenn das der Fall ist, muß man dann nicht das Problem der Kosmogonie der Kometen von neuem aufnehmen?

Wir wollen die Sache etwas genauer ansehen. Unter den verschiedenen Eigenschaften, die eine Ellipse, eine Parabel oder eine Hyperbel charakterisieren, ist eine, die für unser Problem besonders wichtig ist. Es ist die, die wir den *Grad der Langgestrecktheit* der Bahn nennen könnten. Sie heißt bei Astronomen und Mathematikern die Exzentrizität der Bahn und wird mit dem Buchstaben e bezeichnet. Im Interesse einer konkreten Vorstellung geben wir folgende Zahlen:

1. Ein Kreis hat keine Langgestrecktheit. Wir sagen, er hat die Exzentrizität $e = 0$.
2. Die Ellipse kann für e alle möglichen Werte zwischen 0 und 1 annehmen.
3. Die Parabel hat $e = 1$.
4. Die Hyperbel hat e größer als 1.

Berechnen wir dann aus unsren Beobachtungen die Bahn eines Kometen und bekommen wir $e = 0{,}999\,500$, so würde das bedeuten, daß die Bahn elliptisch ist, und wenn wir $e = 1{,}000\,500$ erhalten, daß die Bahn hyperbolisch ist. Unter unsern berechneten Kometenbahnen haben wir nun wirklich viele mit der Exzentrizität in der Nähe von 1, die meisten mit etwas weniger, die übrigen mit etwas mehr als 1, und wir wissen jetzt aus dem Vorangehenden, was für ein fundamentaler Unterschied besteht, vom kosmogonischen Standpunkt aus gesehen, zwischen den Kometenbahnen, deren Exzentrizität kleiner als 1 ist und jenen, wo sie

etwas größer ist. Im ersten Falle würde der Komet zu unserem Sonnensystem gehören, im zweiten Falle würde er von draußen gekommen sein.

Aber jetzt kommen wir zu unserm ursprünglichen Ausgangspunkte zurück: Die Bahn, die wir aus unseren Beobachtungen berechnet haben, d. h. mit Hilfe des innersten Teiles der Bahn, kann nicht genau dieselbe sein wie die Bahn, die der Komet in dem äußern Teil des Sonnensystems hatte.

Dann berechne man die Störungen und sehe zu, was für eine Exzentrizität die Bahn hatte, als der Komet weit weg war. Diese Untersuchung hat man während der letzten 22 Jahre angestellt, und man kann die Ergebnisse so zusammenfassen: *Verfolgen wir die verschiedenen Kometen einen genügend langen Zeitraum zurück, so bleibt nicht eine einzige verbürgte Hyperbel übrig. Die Kometen, die im inneren Teil des Sonnensystems eine hyperbolische Bahn gezeigt haben, haben die hyperbolische Form infolge der Störungen durch die Planeten angenommen.*

Das ist die Antwort auf die Frage nach dem Ursprung der Kometen: Die bisher bekannten Kometen gehören wirklich zu unserm Sonnensystem, und wo die Astronomen früher glaubten, sie hätten zwischen *periodischen* und *nichtperiodischen* Kometen zu unterscheiden, wollen wir jetzt nur von *kurz*periodischen und *lang*periodischen Kometen sprechen.

* * *

Hier haben wir ein Stück Kosmogonie, die Kosmogonie der Kometen. Sie führt uns in der Zeit weit zurück. Diejenigen Kometen, die die ausgedehntesten Bahnen haben, brauchen Hunderttausende von Jahren, um die Sonne zu umkreisen. Aber die Astronomen haben kosmogonische Theorien aufgestellt, die uns nicht Hunderttausende von Jahren, sondern Millionen und Billionen von Jahren zurückversetzen. Die auffallende Ähnlichkeit zwischen den Bahnen der Planeten führte zu der berühmten Kant-Laplaceschen Hypothese. Die interessanten Merkmale der sogenannten Spiralnebel führten *Chamberlin* und *Moulton* zu der Planetesimaltheorie, einem umfassenden Entwurf für die ganze Entwicklung von Himmelskörpern und Systemen von Himmelskörpern.

Die Lösung der Frage nach dem *Ursprung der Kometen*, die wir jetzt aufgestellt haben, bezieht sich nur auf ein einzelnes Problem. Sie legt keine umfassenden Aussichten oder Perspektiven nahe, auch führt sie uns zeitlich nicht so weit zurück wie die vorhin erwähnten allgemeinen kosmogonischen Theorien. Aber unsere Antwort auf die Frage nach dem Ursprung der Kometen hat eine andere Eigenschaft, die ihr in gewissem Sinne einen entschiedenen Vorzug vor den meisten kosmogonischen Theorien gibt: wir sind zu dieser Antwort durch genaue Rechnung gekommen ohne eine Hypothese und ohne irgendwelche Annahme. Die einzige Grundlage für die Rechnung war das Gravitationsgesetz, und an seiner Gültigkeit zweifelt niemand.

* * *

Gegen die Zugehörigkeit der Kometen zu unserm Sonnensystem hat man im Laufe der Zeiten verschiedene Argumente vorgebracht. Unter anderem hat man mit statistischen Methoden versucht, in den Bewegungen der Kometen systematische Merkmale zu entdecken. Man hat z. B. gefragt, ob die Ebenen der Kometenbahnen im Raum in besonderer Art gruppiert sind, oder ob es am Himmel besondere Punkte gibt, von denen die Kometen vorzugsweise herzukommen scheinen. Man glaubte, daß solche Besonderheiten in den Bewegungen der Kometen beweisen würden, daß die Kometen von außen in unser System hereinkommen. Aber erstens hat *Holetschek* bewiesen, daß wenigstens die allermeisten solcher Besonderheiten in den Bewegungen der Kometen nur scheinbare sind — sie können aus den Beobachtungsbedingungen von der Erde aus erklärt werden — und ferner können wir uns überhaupt keine systematischen Merkmale an den Kometenbahnen vorstellen, die man nicht aus der Theorie der Zugehörigkeit der Kometen zu unserm Sonnensystem erklären könnte. Wenn z. B. gezeigt werden kann, daß die Kometen hauptsächlich von bestimmten Gebieten des Himmels her zu uns kommen, so ist es ganz unnötig, deshalb anzunehmen, daß die Kometen in unser System von draußen her von besonderen Stellen im Raum aus hineingeraten sind. Es kann ebensogut durch die sehr wahrscheinliche Annahme erklärt werden, daß in verschiedenen, weit draußen liegenden Stellen *im Urnebel* unsres Sonnensystems Verdichtungen von nebelartiger Materie existiert haben, die später nach dem Zentrum zu gravitiert sind. Gegen den positiven Beweis, daß die Kometen zu unserm Sonnensystem gehören, den wir heute gegeben haben, würde die Existenz solcher systematischer Merkmale in den Bewegungen der Kometen daher kein Gewicht haben.

* * *

Wir wollen jetzt aber versuchen, unsere Frage in ihrer Beziehung zu längeren Zeitperioden und zu gewöhnlichen kosmogonischen Theorien zu betrachten. Wir kamen zu dem Schluß, daß alle bekannten Kometen in elliptischen Bahnen um die Sonne gehen, und kamen zu diesem Ergebnis durch eine Untersuchung, die auf den *bisher* berechneten Kometenbahnen beruht. Natürlich schließt dies nicht die Möglichkeit aus, daß ein Komet, heut oder in zehntausend Jahren, von draußen herein kommen kann. Aber bis jetzt haben wir nicht einen einzigen Kometen nachweisen können, der von draußen aus dem interstellaren Raum gekommen ist. Das ist in der Tat ein sehr seltsames Ergebnis.

Wie ist dies Resultat zu verstehen?

Einer von *Schiaparelli* in der letzten vor seinem Tod veröffentlichten Arbeit gegebenen

Kugelförmiger Sternhaufen Messier 5 Librae (aufgenommen von *Keeler*).

Der große Andromedanebel (aufgenommen von *M. Wolf*).

Anregung folgend, könnten wir uns das tatsächliche Fehlen hyperbolischer Kometenbahnen so zurechtlegen: das Eindringen eines Kometen von außen kommt zwar ab und zu vor, aber so selten, daß es bis jetzt in der Zeitperiode, in der wir das heute vorliegende Bahnmaterial gesammelt haben, nicht passiert ist; die Kometen, die in stark hyperbolischen Bahnen in das Sonnensystem hineingedrungen sind, haben das System wieder verlassen, die Kometen, deren Bahnen durch die Anziehung seitens der großen Planeten in Ellipsen verwandelt wurden, sind aber geblieben.

Die Frage ließe sich doch auch in ganz anderer Weise lösen.

Es gibt kaum einen Astronomen, der den Grundgedanken in den modernen kosmogonischen Theorien bezweifelt, nämlich den, daß die Himmelskörper und die Systeme von Himmelskörpern aus Nebelmaterie entstanden sind. Es ist ganz natürlich, daß solche diffuse Materie auch jetzt noch in unserm Sonnensystem existiert und besonders in seinen weiter draußen liegenden Teilen. Aber warum entdecken wir niemals irgendwelche Kometen, die aus dem Raum *zwischen den verschiedenen Sonnensystemen* herkommen. Gibt es keine diffuse Materie in dem Raum, der die verschiedenen Sonnensysteme trennt? Es sieht beinahe so aus, wenigstens wenn wir denjenigen Teil dieses Raumes in Betracht ziehen, den unser Sonnensystem zurzeit durchwandert, und wir wollen versuchen, eine mögliche Erklärung dafür anzudeuten.

* * *

Ich will ein Bild zeigen, einen Sternhaufen. Tausende oder Millionen von Sternen sind in einem System von nahezu Kugelgestalt versammelt. Ein solches System nennt man einen *kugelförmigen Sternhaufen.* Hier ist ein sogenannter *Spiralnebel.* Aber solche Spiralnebel sind überhaupt keine *Nebel,* sondern sind Zusammenhäufungen von Tausenden oder Millionen von Sternen. Wir wissen, daß unsere eigene Sonne eine von Millionen von Sonnen in einem System ist, das wir das Milchstraßensystem nennen, und es ist möglich, daß unser Milchstraßensystem ein solcher Spiralnebel ist. Die Verteilung der Sterne in den kugelförmigen Sternhaufen ist besonders interessanter Natur. Die Sterne sind im Mittelpunkt des Haufens sehr zusammengedrängt und sind in den Außenbezirken immer dünner verteilt. Bis vor kurzer Zeit waren die Astronomen nicht imstande, einen einzigen Fall von Bewegung in einem solchen Sternhaufen zu beobachten, und doch wagen wir zu behaupten, daß in dieser Welt sehr weniges sicherer ist, als daß alle diese Sterne in Bewegung sind — jeder von ihnen, und andauernd. Angenommen, für einen Augenblick wären alle Sterne in einem solchen Sternhaufen in Ruhe, wir können dann absolut sicher sein, daß sie im nächsten Augenblick alle in Bewegung sein würden. Das Newtonsche Gesetz fordert, daß alle diese Sterne einander mit einer Kraft anziehen, die von ihren Massen und ihren gegenseitigen Distanzen abhängt. Denken wir an einen Stern in den äußeren Bezirken in dem Sternhaufen. Wäre dieser Stern für einen Augenblick in Ruhe, so würde er sofort durch die zusammenwirkende Schweranziehung von den andern Sternen eingefangen werden. Es ist leicht einzusehen, daß diese Anziehung nach dem Mittelpunkt des Sternhaufens hin gerichtet sein muß. Der Stern beginnt, sich nach dem Mittelpunkt hin zu bewegen. Die Kraft wirkt die ganze Zeit über in derselben Richtung. Infolgedessen muß seine Geschwindigkeit ohne Unterbrechung zunehmen, bis er das Zentrum des Sternhaufens passiert hat; er läuft darüber hinaus nach der andern Seite hin. Die Kraft wirkt nun in der entgegengesetzten Richtung der Bewegung, und die Geschwindigkeit nimmt ab. Nach einer gewissen Zeit hält der Stern weit draußen auf der andern Seite an. Die Kraft wird nun den Stern zurückbringen. Er

Fig. 2. Beispiel der Bewegungsverhältnisse in einem kugelförmigen Sternhaufen.

geht aber wieder durch den Mittelpunkt hindurch, und in dieser Weise wird dieser Stern und alle andern Sterne fortfahren, in Bahnen heraus und herein, herein und heraus zu schwingen.

In Wirklichkeit werden die Bahnen der verschiedenen Sterne aber viel verwickelter sein. Wir nahmen an, daß der Stern in einem gegebenen Moment in Ruhe gewesen sei. In einem solchen Falle würde er, wie wir gesehen haben, eine Radialbewegung durch den Mittelpunkt hindurch annehmen. Aber in Wirklichkeit werden die Sterne im allgemeinen auch eine Bewegungskomponente senkrecht zu der Geraden durch den Mittelpunkt des Sternhaufens haben. Wie die Bewegungen in diesem allgemeineren, verwickelteren Falle aussehen werden, ist eine Aufgabe, die mathematisch gelöst werden kann. Fig. 2 zeigt ein Beispiel der Bewegungsformen in einem Sternhaufen unter diesen allgemeinen Bedingungen.

Aber wir haben einen wichtigen Umstand bisher vernachlässigt. Wir haben bisher nur über die Wirkung der kugelförmigen Masse *als eines*

Ganzen gesprochen. Aber dann und wann werden zwei Sterne so dicht nebeneinander geraten, daß sich ihre Bewegungen vollkommen ändern. Das Newtonsche Gesetz sagt: Die Anziehungskraft ist desto größer, desto näher die Massen einander sind. Wenn zwei Sterne einander ganz nahe kommen, so wird daher ihre gegenseitige Anziehung so groß sein, daß sie die Anziehung des Haufens als eines Ganzen überwinden wird mit dem Ergebnis, daß die Bahnen unsrer zwei Sterne sich radikal ändern müssen.

In diesem Zusammenhang ist es nicht ohne Interesse zu bemerken, daß sogar in unserm Sonnensystem, trotzdem die es zusammensetzenden Massen im Vergleich mit einer der Sonnen so überaus klein sind, sich Bewegungen finden, die dem jetzt angedeuteten Falle ganz analog sind. Wir haben tatsächlich in unserm Sonnensystem Beispiele von Kometen, deren Bahnen sich *wegen ihrer Nähe an die größeren Planeten* vollkommen geändert haben.

Wir finden also, daß die Bewegung der Sterne im Sternhaufen die folgende ist: Der Hauptsache nach werden alle in Bewegung befindlichen Sterne durch die Kollektivanziehung des ganzen Sternhaufens beherrscht, aber dann und wann geraten zwei Sterne so dicht aneinander, daß beide aus den normalen Bahnen herausgeworfen werden.

Dieses Ergebnis ist sehr interessant, weil es eine merkwürdige Analogie zu den Bewegungen in einem andern gänzlich verschiedenen Zweige der Naturwissenschaften bietet. Ich glaube, alle meine Zuhörer haben eine Vorstellung davon, wie der Physiker die in einem Gase wirksamen Bedingungen erklärt: Unzählige Molekeln, die sich in der Masse bewegen, treffen einander und stören gegenseitig ihre Bahnen gerade so, wie wir uns die Bewegung in einem Sternhaufen vorstellen. Die Bewegungen in einer solchen Gasmasse sind einer mathematischen Untersuchung zugänglich. Von den Ergebnissen einer solchen Untersuchung erwähnen wir die folgenden: In einer kugelförmigen Gasmasse werden sich die Molekeln schließlich so anordnen, daß die Massen im Mittelpunkt am dichtesten sind und nach den Außenbezirken zu allmählich dünner werden. Genau wie im Falle eines Sternhaufens! Aber die Gastheorie kommt noch zu einem andern Ergebnis: In einer Gasmasse werden die größeren Molekeln nach und nach langsame Geschwindigkeiten annehmen und die kleineren Molekeln große Geschwindigkeiten.

Ein *Sternhaufen* enthält Millionen von Sternen von verschiedenen Massen, großen und kleinen. Nach einer langen Zeit werden die Bedingungen so sein, daß die größten Sterne kleine Geschwindigkeiten haben und die kleineren Massen große Geschwindigkeiten. In unserm Milchstraßensystem haben wir ja Millionen von Sonnen mit ihren Planeten und Trabanten und diffuseren Massen, den Kometen. Aber gibt es *keine* diffuse Materie, gibt es keine *Kometen* in dem Raum *zwischen den verschiedenen Sonnensystemen?* Nun, *Charlier* hat die folgende Vermutung ausgesprochen: Die diffusen Nebelmassen in dem Raum *zwischen* den verschiedenen Sonnensystemen würden die kleinsten unabhängigen Massen in unserm Milchstraßensystem sein. Folglich würden sie im Laufe der Zeit die größten Geschwindigkeiten erhalten; in der Regel werden sie so große Geschwindigkeiten erreichen, daß sie aus dem Milchstraßensystem einfach ausgetrieben werden. So würde die ganze Situation klar sein. Die diffusen Massen *innerhalb der Sonnensysteme*, mit andern Worten die *Kometen*, würden im ganzen jeder durch die Gravitation seiner eigenen Sonne zurückgehalten werden, während jene, die in dem Raum *zwischen* den verschiedenen Sonnensystemen wandern, im Laufe der Zeit aus dem Milchstraßensystem ausgestoßen werden würden.

* * *

Wir wollen die Besprechung dieser mehr hypothetischen Probleme hiermit beenden und kehren wieder zu unserem exakten Hauptthema zurück. Eine strenge Untersuchung der Kometenbahnen in unserm Sonnensystem, wie wir sie aus den Beobachtungen kennen, hat ergeben, daß die bisher in unserem Sonnensystem bekannten Kometen wirklich zu ihm gehören. Dieses Ergebnis ist wohl jetzt von den Astronomen, die sich mit dem Problem bekannt gemacht haben, allgemein anerkannt worden. Aber seltsam genug, es hat lange Zeit gedauert, bis der einfache Gedanke, auf dem dieses Resultat beruht, durchgedrungen ist. Es ist seltsam, daß man Hunderte von Kometenbahnen berechnet hat, ohne den Einfluß der auf die ursprünglichen Kometenbahnen wirkenden Störungen zu untersuchen, und dies, obwohl man die Wichtigkeit der Störungen in den *Planeten*bahnen seit zwei Jahrhunderten voll würdigte.

Man erzählt von *Darwin*, er habe einst auf einen ermutigenden Brief von einem Freunde über die Annahme seiner Theorie vom Ursprung der Arten geantwortet, daß er zwar zuversichtlich glaubte, seine Theorie von der Entwicklung der Arten würde sich eines Tages Aufnahme verschaffen, er fürchtete aber, das würde ebenso lange Zeit in Anspruch nehmen, wie die Entwicklung der Arten selbst. So schlimm wurde es nun nicht, und in *unserem* Problem hat die Notwendigkeit, die Wirkung der Störungen auf die Kometenbahnen in Betracht zu ziehen, wenn man kosmogonische Schlüsse ziehen will, zu ihrer Anerkennung nicht *so* viel Zeit gebraucht, wie die Kometen von *langer* Periode brauchen, um ihren Umlauf um die Sonne zurückzulegen. Aber die Kometen mit den kürzesten Umlaufszeiten mußten viele Umläufe um die Sonne machen, bevor der einfache Gedanke, der den Gegenstand unsrer Darlegung ausgemacht hat, den Berechnern von Kometenbahnen wirklich klar wurde!

Über den Geruchsinn der Biene.

Von A. Kühn, Göttingen.

Wohl wird allgemein angenommen, daß der Geruchsinn in der Lebensführung der Insekten eine große Rolle spielt; aber unsere gesicherten Kenntnisse auf diesem Gebiet sind noch sehr gering. Es ist bekannt, daß Schmetterlingsmännchen oft kilometerweit durch eine Wirkung angelockt werden, die vom Körper des Weibchens ausgeht; Schlupfwesen vermögen durch dickes Holz hindurch die Anwesenheit von Holzwespenlarven festzustellen. Diese erstaunlichen Leistungen zwingen uns, diesen Insekten eine Empfindlichkeit des Geruchsinnes zuzuschreiben, von der wir uns keinerlei anschauliche Vorstellung bilden können — oder anzunehmen, daß dieser Fernwirkung ein unserm Sinnesleben ganz fremdes Element, irgendeine „unbekannte Energieform" zugrunde liegt. Die große Bedeutung des Geruchsinnes für Ameisen ist besonders durch *Forels* Beobachtungen und Versuche festgestellt worden: Nicht nur innerhalb des Nestes beherrscht der Geruchsinn mehr als alle andern Sinne den Ablauf der sozialen Instinkthandlungen, sondern auch die Orientierung auf ihren Wegen wird zu großem Teil durch Geruchsstoffe geleitet. Die auch für uns wahrnehmbaren Düfte der Blumen und die Beobachtung ihrer verschiedenartigen, oft spezifischen Besucher, hat zur allgemeinen Annahme geführt, daß die blütenbesuchenden Insekten durch den Blumenduft angelockt werden und verschiedene Gerüche unterscheiden. Sobald wir aber im einzelnen nach den unterschiedenen Geruchsqualitäten, nach der Riechschärfe und der Rolle der einzelnen Geruchsreize im Leben der Tiere fragen, geraten wir ins Ungewisse, und die Urteile der Forscher widersprechen sich lebhaft. Auch über den Sitz der Geruchsorgane herrschen Meinungsverschiedenheiten: Während im allgemeinen die Fühler hierfür in Anspruch genommen werden, vertrat in neuester Zeit der Amerikaner *Mc Indoo* (in: Journ. of exper. Zool., Vol. 16 und in: Proceedings Acad. Nat. Sc. Philadelphia 1914) auf Grund ausgedehnter Versuche und anatomischer Untersuchungen die befremdliche Lehre, daß nicht die Fühler, sondern Flügel, Beine und Stachel der Hymenopteren die Träger der Geruchsorgane seien.

Es ist daher sehr dankenswert, daß *K. v. Frisch*, der sich ja seit längerer Zeit auch um die Aufklärung des Farbensinnes der Bienen bemüht, nun eingehende experimentelle Studien über den Geruchsinn der Honigbiene vorlegt. (Über den Geruchsinn der Biene und seine blütenbiologische Bedeutung, Jena 1919, und Zur alten Frage nach dem Sitz des Geruchsinnes bei den Insekten. Versuche an Bienen, in: Verhandlungen der Zoolog.-botan. Gesellsch. in Wien, Jg. 1919.)

Für das Gelingen vergleichend physiologischer Untersuchungen ist die *Methodik* von ausschlaggebender Bedeutung. *v. Frisch* benützt die *Dressurmethode*. Der Gedankengang ist folgender: Bienen werden daran gewöhnt, Futter in kleinen Kästchen zu nehmen, in denen ihnen gleichzeitig ein bestimmter Duft dargeboten wird. Es wird nun geprüft, ob die Bienen die Kästchen mit dem Dressurduft auch ohne Futter und an verschiedenen Stellen heraussuchen aus einer Reihe von Kästchen, die sich nur dadurch unterscheiden, daß sie keinen oder einen andern Duft besitzen.

Als *Duftstoffe* wurden verwendet: „wohlriechende Öle" (Paraffinöl, das durch Behandlung mit frischen duftenden Blüten mit Blumenduft geschwängert ist), und zwar Cassie- (Acacien-) Blütenöl, Jasmin-, Orangen-, Reseda-, Rosen- und Tuberosen-Blütenöl; ferner etwa 60 verschiedene durch Destillation gewonnene ätherische Öle und weiterhin eine Reihe chemisch reiner Riechstoffe von bekannter Zusammensetzung.

Das *Verfahren* gestaltete sich nun folgendermaßen: Die Bienen wurden zuerst durch ausgelegten Honig an den Dressurplatz gelockt und durch eine Honigspur dazu gebracht, in den Kästchen Futter zu suchen; dort wird ihnen Zuckerwasser geboten. Wenn sich regelmäßiger Bienenbesuch eingestellt hat, wird mit der *Dressur* begonnen: Auf einem reinen Tisch oder Brettergestell wird ein neues Kästchen mit Zuckerwasser und mit einem Duftstoff aufgestellt und daneben eine Anzahl von leeren Kästchen. Der Platz des Duftkästchens wird häufig gewechselt, damit sich die Bienen nicht nach seiner relativen Lage orientieren können. Bei der *Prüfung des Versuchsergebnisses* werden alle Kästchen durch neue ersetzt, von denen eines mit dem selben Duftstoff, aber keines mit Futter versehen ist. Nun wird während einer bestimmten Zeit die Anzahl der in die einzelnen Kästchen einfliegenden Bienen gezählt.

In der folgenden Tabelle sind 3 Beispiele solcher Versuchsergebnisse zusammengestellt, um die relativen Besucherzahlen zu veranschaulichen. Das * bedeutet die Stelle, an der vor dem Versuch zuletzt gefüttert worden war.

Beobachtungszeit	Anzahl der Besucher in den Kästchen			
30. 7. 14 3^{50-55}	* duftlos 0	duftlos 4	*Jasmin* 123	duftlos 0
28. 6. 14 9^{55-58}	* duftlos 1	duftlos 2	duftlos 0	*Cassie* 71
3. 9. 16 4^{20-25}	duftlos 0	*Orangenblüte* 113	* duftlos 1	duftlos 2

Zahlreiche Versuche mit wohriechenden Ölen, ätherischen Ölen und einigen isolierten Riechstoffen (Amylacetat, Mirbanöl usw.) hatten ganz entsprechende Ergebnisse. Damit ist sichergestellt, *daß die Bienen den Duft dieser Stoffe wahrnehmen, ihn mit dem Reiz der aufgenommenen*

Nahrung assoziieren und sich beim Aufsuchen der Nahrung durch den Duft leiten lassen.

Es handelte sich hier vorwiegend um Stoffe, die einen „würzigen", „blumigen" oder „fruchtigen" Geruch haben. Die Bienen lassen sich aber auch auf Stoffe dressieren, die mit Blumendüften keine Ähnlichkeit haben oder sogar erfahrungsgemäß eine abstoßende Wirkung auf sie ausüben, wie Lysol. Indessen werden die Assoziationen zwischen Nahrungsreizen und Duftreizen (Lysol, Schwefelkohlenstoff, Skatol, Patchouliöl), die keinerlei Ähnlichkeit mit denen haben, die sich in der Natur mit der Nahrung verknüpfen, nie so sicher und dauernd wie es bei den zuerst besprochenen Düften der Fall ist.

Eine eigenartige Reaktion lösen die „fauligen" Düfte des Schwefelkohlenstoffs und des Skatols aus: Am Flugloch des Versuchskästchens setzen sich ankommende Bienen fest und fächeln mit den Flügeln, genau so, wie sie sich im Bienenstock benehmen, wenn dieser „ventiliert" werden soll.

Um die biologische Bedeutung des Blumenduftes zu beurteilen, ist es wichtig zu erfahren, ob die Bienen verschiedene Blumendüfte voneinander zu unterscheiden vermögen, und wie fein dieses *Unterscheidungsvermögen* ist. Um diese Frage zu prüfen, wurden neben dem Dressurduft noch andere Düfte dargeboten, und zwar entweder einzelne Vergleichsdüfte allein oder ganze Reihen, so zur Prüfung des Unterscheidungsvermögens für ätherische Öle neben dem Dressurduft noch 23 andere. Die Versuche zeigten, daß die Bienen den Dressurduft nur von ganz wenigen Düften nicht mit Sicherheit unterscheiden konnten, und zwar solchen, die sehr ähnlicher Herkunft waren, die alle gemeinsame für den Geruch bedeutungsvolle Komponenten enthalten und auch für den menschlichen Geruchsinn sehr ähnlich sind.

Die große Sicherheit, mit der die Bienen den Dressurduft und die ihm ähnlichen Düfte aus der großen Zahl der dargebotenen Riechstoffe herausfanden, berechtigt zu dem Schluß, daß sie von der Fähigkeit, verschiedene Düfte zu unterscheiden, auch beim Blumenbesuch Gebrauch machen.

Besondere Versuche sind der Frage nach der *Riechschärfe* der Biene gewidmet. Untersucht wurden Tuberosenblütenöl, Bromstyrol (hyazinthenartiger Duft) und Methylheptenon (Fruchtgeruch). Für den letzten Stoff lag die Grenze, bei der die Prüfung noch eine deutliche Bevorzugung des Duftkästchens ergab, zwischen den Verdünnungen 1 : 2000 und 1 : 20 000. Bei gleicher Verdünnung lag auch die Grenze der Wahrnehmbarkeit für den Menschen. Und bei allen Versuchen zeigte sich *die Schärfe des Geruchsinnes der Biene von derselben Größenordnung wie die des menschlichen Geruchsorganes.*

Dagegen ergaben Versuche mit *Duftgemischen*, daß die Bienen in höherem Maße als der Durchschnittsmensch die Fähigkeit haben, geringe Anteile des Dressurduftes aus einem Duftgemisch herauszuriechen.

Von besonderer Bedeutung für die Frage der *physiologischen Grundlagen der Geruchreizung* sind vergleichende Versuche mit Stoffen von bekannter chemischer Zusammensetzung. Sie hatten folgendes Ergebnis: So wie für uns können auch für die Biene Riechstoffe trotz gänzlich verschiedener chemischer Zusammensetzung sehr ähnlich duften; vermutlich ist in beiden Fällen die Ähnlichkeit des Geruchs durch übereinstimmende innermolekulare Atomgruppierungen („osmophore Atomgruppen") bedingt. So wie für uns können auch für die Bienen Stoffe von gleicher Elementarzusammensetzung verschieden duften; die Verschiedenheit der Reizwirkung kann nur auf der verschiedenen innermolekularen Bindungsart der Atomgruppen beruhen. — Bei fast allen untersuchten Riechstoffpaaren, die für uns trotz ihrer verschiedenen Konstitution ähnlich duften, scheint auch für die Biene eine gewisse Ähnlichkeit zu bestehen. Es deutet dies darauf hin, daß die physiologischen Grundlagen des Geruchsinnes beim Menschen und der Biene mehr Gemeinsames haben, als man bei derart verschieden gebauten Sinnesorganen annehmen sollte. Doch sind auch wesentliche Differenzen nicht zu verkennen: manche Riechstoffe, die für uns ähnlich, aber doch leicht unterscheidbar sind, wurden von den Bienen in hohem Maße verwechselt; andere hingegen, die für menschliche Geruchsorgane nicht voneinander unterscheidbar waren, wurden von den Bienen sehr sicher unterschieden. Solche Erfahrungen müssen davor warnen, den Geruchsinn der Bienen für allzu menschenähnlich zu halten.

Die Frage liegt nun nahe, ob für die Bienen Düfte Reize darstellen, die wir überhaupt nicht wahrnehmen, ob etwa Blüten, die von Bienen besucht werden und uns geruchlos erscheinen, doch einen für die Bienen wahrnehmbaren Duft aussenden. *Frischs* Versuche in dieser Richtung waren negativ. Auf Kästchen mit Blüten (und Blättern) von wildem Wein, Heidelbeeren und Johannisbeeren ließen sich Bienen nicht dressieren, während es mit den auch uns duftenden Flox, Reseda und Narzissen leicht gelang. Dadurch ist natürlich nicht ausgeschlossen, daß uns unbekannte Düfte, etwa solche, die von den Individuen des Stockes ausgehen, eine wichtige Rolle im geschlechtlichen und sozialen Leben der Bienen spielen, das offenbar in hohem Maße durch Geruchsreize bestimmt wird (vgl. *v. Buttel-Reepen*, Leben und Wesen der Bienen, 1914).

Für die Analyse der Reize, welche die Bienen beim Blumenbesuch lenken, ist noch die Frage nach dem *Zusammenwirken von Geruchs- und Gesichtsreizen* bedeutungsvoll. Dressiert man auf Duft und Farbe und bietet dann in den Versuchen an einem Kästchen nur die Dressurfarbe, in einem andern nur den Dressurduft, so sieht man die Bienen aus einer Entfernung von mehreren Metern direkt auf die Farbe losfliegen, auch wenn die farbige Fläche recht klein ist. In der Nähe beginnen sie zu suchen und gehen schließ-

lich bald in das Farb-, bald in das Duftkästchen, meist in größerer Zahl in das letztere. Auch intensiver Duft wirkt stets erst aus unmittelbarer Nähe.

Das *Gedächtnis* für Geruch und Farbe ist recht beträchtlich. Eine Gelbdressur wirkte noch 4 Tage nach; Dressur auf Bromstyrol haftete noch nach 10 Tagen; nachdem 5 Stunden lang auf Blau und Tuberosenduft dressiert war, wirkte die blaue Farbe noch nach 2 Tagen, am 3. nicht mehr, während der Duft noch nach 5 Tagen nicht vergessen war, ein Zeichen dafür, daß sich Geruchseindrücke besser einprägen als Farbeindrücke.

Die Frage nach dem *Organ des Geruchsinnes* wurde von *Frisch* ebenfalls mit der Dressurmethode untersucht.

Auf einem Tisch wurden mit Fließpapier überzogene Glasplatten ausgelegt und mit Uhrschälchen besetzt; auf einer Platte wurde mit Zuckerwasser gefüttert und ein Dressurduft durch Auftropfen eines ätherischen Öles angebracht; die andern Platten wurden mit einem andern Duft versehen. Die Bienen wurden also dressiert, in einer bestimmten Duftwolke Nahrung zu suchen, wobei die Stelle der Dressurplatte häufig gewechselt wurde. Die ab- und zufliegenden Bienen wurden mit Farbe markiert und nach einiger Zeit beim Anfliegen abgefangen und ihrer Fühler durch Abschneiden an der Wurzel beraubt. Gleichzeitig wurden die Platten durch neue mit den gleichen Düften und Uhrschälchen aber ohne Futter ersetzt. Die frei gelassenen operierten Bienen setzten fast immer die begonnene Handlung fort: sie flogen zu den Platten, fanden aber den Dressurduft nicht mehr heraus, sondern suchten planlos umher.

Ein Kontrollversuch zeigte, daß es sich nur um den Verlust des Geruchsinnes und nicht etwa um eine allgemeine Operationsschädigung handelt: Wurden die Bienen bei sonst gleicher Anordnung auf farbige Blätter dressiert, so flogen die operierten Bienen sogleich nach der Dressurfarbe, nahmen Nahrung auf und flogen nach dem Stock zurück. Der gleiche Eingriff, der die auf einen Duft dressierten Bienen völlig hilflos im Finden der Nahrung machte, stört die Dressur auf Farbe nicht im mindesten. Die fühlerlosen Bienen können manchmal nach der Operation noch stundenlang regelmäßig ab und zu fliegen und Zuckerwasser eintragen, ganz wie normale Tiere, aber sie machen niemals mehr einen Unterschied zwischen den verschiedenen Düften.

Hierdurch ist erwiesen, daß die Fühler tatsächlich Träger der Geruchsorgane sind.

Durch die Versuche *v. Frischs* wird die *biologische Bedeutung des Blumenduftes* für die Bienen recht vollständig aufgeklärt: Für *suchende* Bienen können die verschiedenartigen Blütendüfte Lockmittel sein, die sie auf Nahrungsquellen aufmerksam machen. Nach der einmal gefundenen Nahrungsstelle werden die *sammelnden* Bienen durch optische Eindrücke zurückgebracht. Aber besondere Geruchsqualitäten dienen als *Merkzeichen*, welche die Blüten sicher voneinander unterscheiden lassen und die bekannte Blumenstetigkeit der sammelnden Bienen hauptsächlich bedingen.

Der Baustein im alten Peru.

Von B. Brandt, Belzig i. M.

Die Bauten der alten peruanischen Kulturvölker weisen neben dem ethnographisch-archäologischen Gegensatze, der an die Stammeszugehörigkeit der Erbauer anknüpft und in erster Linie die Werke der Keschuastämme nördlich vom Titicacasee denen der südlich des Sees sitzenden Aimara gegenüberstellt, gruppenweise auch Unterschiede auf, die durch die Natur des Landes bedingt sind. Sie betreffen das Baumaterial, bezüglich dessen zunächst ein Gegensatz zwischen dem Küstenstriche und dem Gebirge besteht. In jenem gestattete das trockene Klima den naheliegenden, in allen trockenen Gebieten Amerikas von jeher beliebten Bau aus „Adobes“ oder luftgetrockneten Lehmsteinen. In den niederschlagreichen Tälern und Hochflächen der Kordilleren jedoch müssen alle Bauten von einiger Bedeutung und von Dauer aus natürlichem Steine errichtet werden. Die berühmten Denkmäler der Küste, die Ruinen von Chimu, der Sonnentempel von Pachacamac u. a. sind ähnlich den Bauten des Altertums im trockenen Mesopotamien zerbröckelnde Lehmgemäuer. Im Gebirge dagegen liegen die Steinbauten, soweit sie nicht gewaltsam zerstört oder von den Spaniern als bequeme Steinbrüche benutzt worden sind, in guter, zum Teil sogar noch ganz frischer Erhaltung vor unserem Auge. Sie weisen ihrerseits wieder eine regionale Gliederung auf; im nördlichen Peru, wo sich die Kordilleren in der Hauptsache aus mesozoischen Ablagerungen zusammensetzen, überwiegen Sedimentgesteine in den Bauten; im Süden, in der Gegend von Cuzco und um den Titicacasee entspricht der reicheren geologischen Entfaltung des Gebirges auch ein bunteres Bild des Baumateriales, indem vor allem die hier verbreiteten vulkanischen Gesteine eine große Rolle spielen. Freilich darf man aus den Befunden in den Ruinen nicht immer auf die geologische Beschaffenheit der näheren Umgebung schließen, denn die Völker, die diese bewunderungswürdigen Bauwerke errichteten, scheuten vor langen Transporten ortsfremder Gesteine nicht zurück, wenn es ihnen zweckmäßig oder der Mühe wert erschien. Im einzelnen sind angewendet worden von kristallinischen Gesteinen Granit in Chavin, Diorit in Cuzco; Porphyre sind äußerst verbreitet, besonders in letzgenannter Stadt. Hier und in Tiahuanaco finden sich auch Trachyte, Andesite und dunklere basaltische Laven. Vulkanischer Tuff ist in Cajamarca angewendet worden. Sandsteine kommen hauptsächlich in den Ruinenstätten um den Titicacasee vor, wo

in Tiahuanaco ein schönes rotes, unserem Buntsandstein ähnliches Gestein benutzt worden ist. Kalksteine sind das hauptsächlichste Baumaterial im nördlichen Peru, kommen aber gelegentlich auch im südlichen vor.

Die altperuanischen Bauwerke zeichnen sich in erster Linie durch die Bewältigung großer Gesteinsmassen aus. Bausteine von etwa 1,25 m Höhe, Länge und Breite sind überall verbreitet; häufig aber erreichen die Werkstücke gigantisches Ausmaß. Hierfür einige Beispiele, deren Zahl leicht vervielfacht werden könnte: In Ollantaitambo messen einige Porphyrplatten $4 \times 2 \times 0{,}80$ bis 1,50 m, ein Eckstein einer Mauer der Festung Sacsahuaman bei Cuzco ist 5,80 m hoch, 3 m breit und 2,30 m tief, eine Sandsteinplatte in Tiahuanaco weist die Maße $7{,}75 \times 4{,}60 \times 1{,}50$ m auf. Den höchsten Ausdruck des Strebens nach Größe erreichen die peruanischen Bauwerke in den Monolithtoren von Tiahuanaco, wo das berühmte Tor Acapana 2,72 m hoch und 3,90 m breit ist. Bauten, die aus solchen Massen aufgetürmt sind, lassen sich mit den gigantischsten Denkmälern des Altertumes im Mittelmeergebiete vergleichen, von denen hier nur das arkadische Tor auf dem Ithome und das Grabmal des Theoderich in Ravenna herangezogen seien, welches letztgenanntes eine Dachplatte von 10,90 m Durchmesser besitzt.

Alle Beschreiber der peruanischen Altertümer von *Garcilaso de la Vega*[1]) bis auf *Middendorf*[2]) haben die naheliegende Frage aufgeworfen und erörtert: Mit welchen Mitteln sind derartige Gesteinsmassen transportiert und aufgerichtet worden? Zunächst hat man die Wege zu ermitteln gesucht. Die Steinbrüche, welche das Material lieferten, sind zum Teil noch nachweisbar, zum Teil ist wenigstens der nächstliegende Fundort des betreffenden Gesteines festgestellt. In einigen Fällen, in denen die Bauten nicht vollendet worden sind, sind auf dem Transporte zum Bauplatz befindliche Steine liegen geblieben, so daß man den Weg sicher erkennen kann. Auf diese Weise ist z. B. von *Stübel* festgestellt worden, daß die Lavasteine von Tiahuanaco auf der Halbinsel Copacabana im Titicacasee gebrochen sind und daß sie einen Weg von 80 km zurückgelegt haben, wovon der größere Teil auf die Fahrt über den See entfällt.

Einige Beobachtungen weisen auf die Mittel des Transportes hin: In Ollantaitambo führt eine allmählich und gleichmäßig an der Talflanke emporsteigende Straße zu dem am Gehänge befindlichen Steinbruche hinauf, in dem das Baumaterial für die Festung gebrochen worden ist. Eine zweite Straße verbindet auf dem entgegengesetzten Hange die Talsohle mit dem Bauplatze. Da die Straßen im alten Peru sehr starke Steigungen nicht scheuten — man kannte ja weder Wagen noch Zugtiere und schaltete deshalb auch Treppen in die Straßenzüge ein — und die angeführten ohne jeden Verkehrswert sind, so können sie nur für den Transport der Steine hergestellt worden sein, um so mehr, als auf der erstgenannten noch größere und kleinere Blöcke verstreut liegen. Diese Anlagen lassen darauf schließen, daß man sich beim Emporschleppen mehr des Zuges als der Hebung bediente und mehr mit Zugseilen als mit Kränen und Flaschenzügen arbeitete. Hierfür sprechen auch die von *Garcilaso* aufgezeichneten Angaben der Eingeborenen über den sogenannten „müden Stein" bei Cuzco, eine auf halbem Wege liegende ungeheure Felsmasse mit Zeichen vielfacher Bearbeitung. Der müde Stein soll von 20 000 Menschen an Seilen herangeschleift worden sein. Wenn diese Aussage nun auch sicher falsch ist — denn die Felsmasse steht an — und sich außerdem auch gewaltiger Übertreibung schuldig machen würde, so darf doch die Angabe über die Methode des Transportes als zutreffend angenommen werden. Man arbeitete weniger mit sinnreichen Maschinen als mit einem starken Aufwande grober Menschenkraft. Für manche Bauwerke kommt man freilich mit dieser Erklärung nicht aus. So liegt das sogenannte Sonnenkloster in Ollantaitambo an einer steilabstürzenden Felswand an nahezu unzugänglicher Stelle. Ein Hinaufbringen der Steine ist hier kaum anders als durch Heben denkbar.

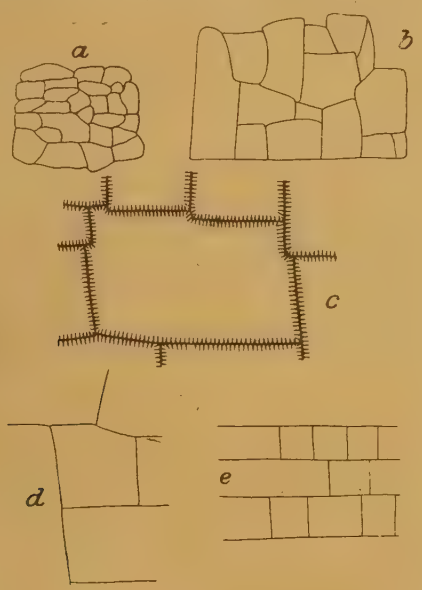
Sind wir über den Landtransport somit nur mangelhaft unterrichtet, so ist das Verfrachten der Steine über den Titicacasee völlig rätselhaft. Unsere Vorstellung ist hier auf die von *Stübel* veranlaßten Berechnungen angewiesen. Diese besagen, daß ein Block von Tiahuanaco von 65 000 Kilogramm eine Floßholzmenge von 19 400 kg oder 128 m³ beansprucht und daß ihm eine Floßlänge von 16 m und ein Tiefgang von 1,60 m entspricht. Nun gibt es aber im ganzen Titicacaseebecken kaum Holz; man benutzt als Fahrzeuge nur Schilfflöße. Man mußte also das Holz erst aus den nächstgelegenen Wäldern vom Ostabhange der Kordilleren heraufbringen. Die genannte, für einen einzigen Stein erforderliche Holzmenge würde 400 Träger beansprucht haben. Diese von Prof. *Ebert* in Dresden ausgeführten Berechnungen müssen auch die Baumeister von Tiahuanaco angestellt haben, wobei zu bedenken ist, daß sie keine Vorbilder hatten. Völlig offen bleibt die Frage, wie die Flöße beladen und gelöscht wurden.

Der große Aufwand von Menschenkraft endlich nötigt bei den Ruinen von Tiahuanaco und denen anderer Orte zu denselben Betrachtungen, die *Herodot* angesichts der Pyramiden anstellte. Für die großen Ansammlungen von Arbeitern, die in den dünnbesiedelten dürftigen Hochlandsgegenden zusammenströmten, mußten dauernd bedeutende Mengen von Lebensmitteln sichergestellt werden. Das setzt eine umsichtige Organisation und in letzter Linie eine geordnete und mächtige

[1]) Historia general del Peru.
[2]) Peru, Berlin 1893.

Staatsverwaltung voraus. Die Steine berichten also über die unbekannten Erbauer von Tiahuanaco mehr als die Überlieferung, die hier völlig schweigt, während sie im Gebiete der Keschuavölker, vor allem der Inka, reichlicher fließt.

Über die Aufeinandertürmung der Riesenblöcke zu zyklopischen Mauern liegen aus Sillustani nahe dem Titicacasee lehrreiche Beobachtungen von *Squier*[1]) vor. Von den dort befindlichen Chulpas, runden, seltener viereckigen, als Begräbnisstätten dienenden Türmen sind einige unvollendet. Bei den einen ist erst das Fundament gelegt, andere sind durch Aufeinandersetzen in Ringen angeordneter Steine bis zu halber Höhe gediehen. Für den Weiterbau liegen zugehauene Blöcke daneben. Vom Boden aber führt eine aus Erde und Steinen aufgeführte Rampe bis zur Höhe des halbfertigen Bauwerkes hinauf. Man sieht also an diesem in erstarrtem Zustande auf uns gekommenen Neubau, daß die Erbauer sich



beim Höherführen der Mauern derselben Mittel bedienten, wie jene in Ollantaitambo zum Heraufschleppen der Steine zur Baustelle, nämlich des Zuges oder Hebens auf einer sanft ansteigenden schiefen Ebene. Da die Erdrampe natürlich nach Vollendung eines Steinringes für die Setzung des nächsten jeweils erhöht und, wenn die Neigung die gleiche blieb, auch verlängert werden mußte, so wuchs gleichzeitig mit dem Gebäude ein umhüllender Hügel empor, so daß dieses im Augenblicke der Vollendung einem griechischen Kuppelgrabe ähnelte, etwa dem sogenannten Schatzhause des Atreus in Mykene. Zum Schlusse wurde diese das Gerüst unserer Hochbauten vertretende Erdhülle restlos entfernt.

Was die Form der Steine anlangte, so unterscheidet *Middendorf* in Cuzco drei verschiedene Grade der Bearbeitung, die an diesem Orte gleichzeitig verschiedene Entwicklungsstadien vorstellen. Diese Einteilung läßt sich auch auf die Bauwerke anderer Örtlichkeiten anwenden. Im einfachsten Falle wurden rohe Steine, wie die Natur sie bot, oder nur wenig behauen, doch möglichst aneinanderpassend, lose aufeinander gehäuft. Es entstand dann ein unregelmäßiges, schlecht horizontalgeschichtetes Mauerwerk, das bei Benutzung nicht zu großer Blöcke den roh aufgeführten Weinbergmauern der Mittelmeerländer ähnelt (Fig. a). So wurden eine Anzahl von Begräbnistürmen gemauert, deren Außenflächen dann mit Stuck überzogen wurden. Meistens sind aber große Blöcke angewendet worden, die, um aneinanderzupassen, einigermaßen behauen werden mußten und dann ein polygonales Mauerwerk aufweisen (Fig. b). Dabei ergibt sich eine schon mehr ausgesprochene horizontale Schichtung. Im zweiten Stadium hat man die verschieden großen Blöcke beibehalten, sie aber, da man offenbar nach regelmäßiger horizontaler Schichtung strebte, möglichst rechteckig behauen. Große, die Nachbarn überragende Steine wurden dabei so zugehauen, daß sie oft eine ganze Anzahl von Grenzflächen besitzen. Ein Beispiel hierfür bietet die Mauer am Palaste des Inka Roca in Cuzco mit dem berühmten Stein mit den zwölf Ecken (Fig. c). Fälle, in denen die Ungleichheit der Bausteine nahezu verschwindet (Fig. d), leiten dann über zum dritten Stadium, das durch streng rechtwinklige, sehr sauber geschnittene Quadern ausgezeichnet ist (z. B. am Palaste Colcampata in Cuzco [Fig. e]).

Was an den Bauten in Cuzco von jeher am meisten bewundert wurde, ist die sehr sorgfältige Zusammenfügung der Bausteine. Sie erreicht bei gewissen Trachytblöcken von rauhem Korn einen solchen Grad von Genauigkeit, daß die Steine wie aufeinander geschliffen erscheinen und die Fugen so fein sind, daß die Behauptung der alten Beschreiber, man könne weder eine Nadel noch die dünnste Messerklinge zwischen die Steine einführen, buchstäblich zu nehmen ist. Ebenso sind die Kanten und Winkel des großen Tores in Tiahuanaco von einer geradezu mathematischen Genauigkeit. Die Steine der Cuzcoer Bauten sind meist an der Außenfläche grob behauen, derart, daß die freie Seite sich kissenförmig vorwölbt, die Fugen in Rinnen liegen und die ganze Mauerfläche an die Rustikabauten der Renaissance erinnert. Einige Bauwerke sind jedoch auch an der Außenfläche so genau bearbeitet wie an den Grenzflächen und erwecken den Anschein, als ob die Mauer nach der Aufführung glattgeschliffen worden sei.

Auch die Skulpturen einzelner Bauglieder, seien sie nun in Sandstein oder in hartes kristallinisches Gestein gehauen, sind von einer Sorgfalt und Schärfe, die an die Obelisken der alten Ägypter erinnert. Von dem reliefgeschmückten großen Tore in Tiahuanaco behauptet *Squier*, daß kein besseres Stück Steinhauerei im ganzen Amerika vorhanden sei. Wir dürfen vielleicht

[1]) Peru, Leipzig 1884.

auch die Alte Welt einschließen, jedenfalls aber haben wenig Völker in dieser Hinsicht ähnliche Leistungen aufzuweisen.

Was die Zusammenfügung der Steine anlangt, so stellt *Squier* die Benützung eines Bindemittels bestimmt in Abrede. Die Blöcke seien einfach aufeinandergesetzt mit Ausnahme einiger Bauten, bei denen bronzene Klammern, ineinandergreifende Vorsprünge und Höhlungen und verzahnende Steine angewendet worden sind. Jedoch hat *Middendorf* in Cuzco bei neuen Türdurchbrüchen durch die alten Mauern wiederholt beobachtet, daß die Blöcke in eine dünne Schicht feinen Tones gebettet waren, und damit einen schon von *Humboldt* in Nordperu erhobenen Befund bestätigt. Dieser Ton diente wohl weniger als mörtelartiges Verfestigungsmittel als zur Füllung der feinen, auch beim Schleifen nicht zu vermeidenden Hohlräume des körnigen Gesteines.

Zuschriften an die Herausgeber.

Über den im Hochgebirge bei Steinschlag auftretenden Geruch.

Über den beim Aneinanderschlagen von Feuersteinen auftretenden Geruch hat Herr Prof. *A. Johnsen* in dieser Zeitschrift[1]) kürzlich eine interessante Erklärung bekanntgemacht. Nach seinen Beobachtungen läßt sich jener Geruch an ganz frischen Bruchflächen nicht erzielen, tritt aber sofort auf, wenn man diese Flächen vor dem Aneinanderschlagen zwischen den Händen reibt. Danach liegt es nahe, diesen ursprünglich dem Flint selbst zugeschriebenen Geruch, der in der Tat auffallend an schwach angesengtes Horn erinnert, auf die Versengung anhaftender Hautschüppchen zurückzuführen.

Vielleicht mag sich mancher alpin erfahrene Leser dieser Zeitschrift daran erinnern, daß auch bei Steinschlägen im Hochgebirge ein charakteristischer Geruch auftritt, der bald als „brenzlich", bald als „Schwefelgestank" usw. bezeichnet wird. Allerdings sind die Nebenumstände, mit denen diese Erscheinung verknüpft ist, oft so lebensgefährlich, daß man sich lieber schleunigst in Sicherheit zu bringen trachtet, anstatt daran zu denken, wie dieser Geruch zustande kommt. Zweifellos ist hier die obige Annahme zur Erklärung des Flintgeruches nicht anwendbar, ihr wird aber durch die Wahrnehmungen bei Steinschlag auch nicht widersprochen, denn der im letzteren Falle auftretende Geruch ist von jenem schwach angesengten Hornes völlig verschieden. Das Merkwürdigste an der ganzen Erscheinung ist aber, daß sie von der Beschaffenheit des Gesteines *unabhängig* zu sein *scheint, so daß dasselbe,* ähnlich wie bei der Entstehung des Flintgeruches, nur eine sekundäre Rolle spielen könnte. Täuschungen sind hier allerdings nicht ausgeschlossen, denn das Gemeinsame aller dieser Wahrnehmungen ist — wie schon hervorgehoben —, daß sich der Beobachter dabei gewöhnlich in Lebensgefahr befindet.

Steinschläge, die der Schreiber dieser Zeilen im Geyer-Kamin an der Griesmauer (Hochschwabgruppe) sowie am Schmiedstock in der Dachsteingruppe mitmachte, verursachten einen ganz ähnlichen Geruch wie ein Steinschlag am Kasereck in den Niederen Tauern. Die ersten beiden Orte befinden sich in den nördlichen *Kalkalpen,* der letztere hingegen in der zentralen *Urgesteins*zone. Es ist für das Zustandekommen des Geruches scheinbar nicht wesentlich, daß der Steinschlag von einer besonderen Höhe herabkommt. Der Zufall kann es fügen, daß vorankletternde Bergsteiger 2—3 m oberhalb des Beobachters größere Mengen Gesteins abtreten, so daß man mit einigem Glück und einigen kräftigen Püffen davonkommend, den Geruch schon nach ganz geringer Fallhöhe feststellen kann. Unwillkürlich denkt man sich dann dessen Entstehung an den Bruchflächen des herabfallenden Gesteins lokalisiert, was aber vielleicht bloß darauf zurückzuführen ist, daß man den entstandenen Gesteinsstaub ebenfalls mit dem Geruchsorgan wahrnimmt.

Sollte es sich bei den im Ur- und Kalkgestein bei Steinschlägen auftretenden Gerüchen wirklich um identische Erscheinungen handeln, so könnte man dabei wohl an Versengung der oberflächlich oder in Spalten des losgesprengten Gesteins angesiedelten *Flechten* denken. Die Bezeichnung „Schwefelgestank" scheint damit allerdings nicht in Einklang zu stehen. Wie mich Herr Dr. *Marchet* freundlichst aufmerksam machte, hat man bei Urgestein stets mit minimalen Spuren von Pyrit (Schwefelkies) zu rechnen, der möglicherweise zur Verbrennung gelangen könnte; im Kalk ist natürlich Derartiges kaum zu gewärtigen. Dies würde also wieder gegen die Annahme der Gleichheit beider Gerüche sprechen. Vielleicht regen diese Zeilen zur weiteren Verfolgung der interessanten Erscheinung an.

Daß es sich hier nicht um bloß von einzelnen Touristen oder Jägern gemachte Wahrnehmungen, sondern um eine auch im Volke bekannte Tatsache handelt, möge mit den Schlußworten einer Schilderung belegt werden, die auf Grund altväterlicher Tradition von dem Bergsturz erzählt, dem in der Christnacht des Jahres 1768 der Gipfelbau des einst viel höheren Hundsteins in den Niederen Tauern zum Opfer fiel[1]). Über die Folgen dieses Naturereignisses heißt es dort nämlich: „Erst gegen Morgen wurde es ruhiger. Die Rauch- und Staubwolken, die sich in den Tälern angesammelt, begannen sich zu zerteilen. Nur ein Schwefelgestank, welcher mehrere Tage lang anhielt, begann sich im ganzen Lungau zu verbreiten." Die besprochene Erscheinung kann also unter Umständen auch ganz beträchtliche Dimensionen annehmen.

Wien, April 1920.

Adolf Smekal.

Die organische Ernährung bei höheren grünen Pflanzen.

In dem Referat über das obige Thema von *Fr. Czapek* in Heft 12 dieser Zeitschrift vom 19. März d. J. ist dem Verfasser ein Irrtum unterlaufen, auf dessen Richtigstellung ich um so mehr Gewicht lege, als die vorgetragene Meinung mit den Ergebnissen meiner Forschung[2]) und der von mir vertretenen Lehre, daß die Kohlensäureproduktion des Bodens einen entscheidenden Einfluß auf die Ernteerträge der Kulturpflanzen ausübt, in direktem Widerspruch steht.

Czapek sagt: „Auch hat *Molliard* in neuerer Zeit wieder eingehend nachgeprüft, inwieweit die aus Humusstoffen sich entwickelnde Kohlensäure neben der Luftkohlensäure eine Rolle spielt, und wieder das Ergebnis erhalten, daß diese Bedeutung höchstens eine

[1]) Die Naturwissenschaften 7, S. 459, 1919. Vgl. auch *A. Johnsen,* Gött. Nachr. 1919: „Feuerschlagen".

[1]) *M. Dengg,* „Lungauer Volkssagen zur Weihnachtszeit", Tauernpost (Tamsweg) Nr. 51, 1919.

[2]) *Bornemann,* Kohlensäure und Pflanzenwachstum, Parey, Berlin 1920.

... sein kann;" und weiter: „und die Versuche von *Mouriard* ergaben, daß grüne Pflanzen Humus-C für sich verwenden können." In der angezogenen Originalarbeit[1]) steht das genaue Gegenteil der von *Czapek* geschriebenen Sätze, nämlich, daß die aus Humus entbundene Kohlensäure einen wesentlichen Einfluß auf die Vegetation ausübt, und daß Humussubstanzen, wenn überhaupt, so doch nur in geringfügigem Maße von den grünen Pflanzen direkt, also durch die Wurzeln aufgenommen werden. Wörtlich lauten die Sätze „Ces premières expériences mettent en évidence l'action que l'humus peut exercer sur la végétation par sa production d'anhydride carbonique; je montrerai ailleurs que certains caractères de morphologie extérieure et d'anatomie des plantes cultivées en châssis et sur terreau s'expliquent par cela même . . . mais ces premiers résultats permettent déjà de conclure que, si des matières humiques sont assimilées directement par les plantes vertes, ce n'est que d'une manière tout à fait insignifiante".

Bemerkenswert ist, daß die Ergebnisse der Untersuchungen *Molliards* in der zweiten Auflage der „Biochemie der Pflanzen" von *Fr. Czapek*, S. 499, richtig wiedergegeben sind.

Heidelberg, den 3. Mai 1920.

Prof. Dr. Bornemann.

Zur Theorie der Zwischenstufen bei chemischen Umwandlungen[2]).

In der geschichtlich so bedeutsamen Abhandlung *August Kekulés* „Über die Konstitution und die Metamorphosen der chemischen Verbindungen und über die chemische Natur des Kohlenstoffs" in Ann. d. Chemie *106*, 129—159 (1858), findet sich gelegentlich der „auf alle chemische Metamorphosen anwendbaren Vorstellung" folgende Anmerkung (S. 141):

„Man kann sich denken, daß dabei während der Annäherung der Moleküle schon der Zusammenhang der Atome in denselben gelockert wird, weil ein *Teil*[3]) der Verwandtschaftskraft durch die Atome des anderen Moleküls gebunden wird, bis endlich die vorher vereinigten Atome ganz ihren Zusammenhang verlieren, und die neu gebildeten Moleküle sich trennen . . . Massenwirkung und Katalyse unterscheiden sich dieser Auffassung nach nur dadurch voneinander, daß bei Massenwirkung das katalytisch-wirkende Molekül gleichartig mit einem der sich zersetzenden, bei Katalyse dagegen stofflich verschieden von beiden ist."

C. F. Schönbein hatte vorher (Brief an *Liebig* vom 5. IX. 1853) ähnliche Gedanken, allerdings nicht auf der von ihm wenig geschätzten atomistischen, sondern auf „dynamischer" Grundlage angedeutet.

Mit diesem Hinweise auf so weit zurückliegende Äußerungen soll natürlich nicht ihre Identität mit der neuen Theorie behauptet werden. Aber es ist doch interessant, dem gleichen Grundgedanken auch dort zu begegnen und dann zu sehen, wie weit er heute als verwirklicht und in Einzelheiten bestimmt gelten kann. Dazwischen lag die Anschauung von der Unteilbarkeit und Konstanz der Valenzen. Gerade weil sie zu ihrer Zeit einen wertvollen Fortschritt bedeutete, erkennt man auch an diesem Falle einen typischen Verlauf solcher Entwicklungen.

Berlin-Dahlem, den 1. Mai 1920.

Eduard Färber.

[1]) *Molliard*, Compt. rend. T. 154, S. 291 (1912).
[2]) Vgl. Die Naturwissenschaften *8*, 322, 1920.
[3]) Von mir gesperrt.

Zur Kenntnis des grünen Strahls.

Zu der Mitteilung von *B. Brandt* über den grünen Strahl sind folgende Ergänzungen wohl von Interesse. Die Erscheinung ist auch bei uns zu beobachten. Ich sah sie zweimal. Zum erstenmal vor etwa 13 Jahren bei Göttingen und zum zweitenmal in diesem Frühling bei Bonn. Es war ein Abend von ganz ungewöhnlicher Klarheit. Die Beobachtung drängte sich — ohne daß an sie gedacht war — auf und konnte von meinem Begleiter, dem die Erscheinung unbekannt war, sofort bestätigt werden. Die Farbe der Lichterscheinung war hellsmaragdgrün und hatte etwa die Gestalt eines Halbkreises über der Stelle, an der eben die Sonne verschwunden war. Die Dauer betrug einige Sekunden. Auch in Ägypten ist der grüne Strahl durchaus nicht regelmäßig zu sehen, wenn auch wohl häufiger als bei uns. Genaue Beobachtungen darüber teilt der Ägyptologe *Groff*[1]) mit, aus denen folgendes bemerkenswert ist. Er konnte öfters eine grünliche Verfärbung der ganzen Sonnenscheibe kurz vor ihrem Untergange beobachten. Einige Male sah er das letzte Segment grün — wie *Brandt* es beschreibt — und in anderen Fällen waren nur die letzten Strahlen nach dem Verschwinden der Scheibe grün — wie in meinen Beobachtungen — diese aber besonders glänzend, etwa zwei Sekunden lang. Für den *Sonnenaufgang* gilt nach *Groff* dasselbe. Einmal sah *Groff* den grünen Strahl, als die Sonne hinter einer Wolke verschwand, deren oberer Rand etwa 5° über dem Horizont stand. Als dann die Sonne am unteren Rande der Wolke wieder hervorgekommen war (etwa 4° über dem Horizont) und nun unterging, konnte er den grünen Strahl zum zweitenmal beobachten. Was die Erklärung anlangt, so scheint es mir, daß zwar besondere Bedingungen in der Atmosphäre vorhanden sein müssen, damit die Erscheinung beobachtet werden kann, daß aber die Färbung auf physiologischen Bedingungen beruht, wie *Brandt* annimmt.

Am meisten Ähnlichkeit dürften die Bedingungen der Sichtbarkeit des grünen Strahls mit denen des Farbenkontrastes haben, wie sie z. B. in dem sogen. „Florversuch" verwirklicht werden. Bei diesem Versuch induziert die Farbe des Grundes, die nur von geringer Sättigung zu sein braucht, in einem farblos hellen Felde eine komplementäre Farbenempfindung, die viel *gesättigter* sein kann als die Farbe des Grundes. Bei brennend rotem Abendhimmel ist die Erscheinung daher nicht zu erwarten, sondern nur bei hellrotem oder hellpurpurrotem (ungesättigtem) Abendhimmel. Eine hellsmaragdgrüne Färbung ist beim Monde unter analogen Bedingungen zu beobachten: Ich sah einige Male den Mond kurz vor Sonnenaufgang hinter einem dünnen durchsichtigen Wolkenschleier, der durch das Morgenrot rosa erschien, schön grün gefärbt. *Groff* erwähnt, daß er auch statt grün eine blaue Färbung gesehen habe. In Ägypten ist der Horizont durch den feinen Wüstenstaub fast stets gelb, so daß blau als Komplementärfarbe hierzu auftreten könnte, wenn durch besondere Umstände das Rot des Abendhimmels stark zurücktritt.

Bonn, den 15. Mai 1920.

A. Pütter.

[1]) *William N. Groff*, La plus ancienne observation d'un phénomène naturel ou astronomique. In Oeuvres égyptologiques de *William N. Groff*, Paris 1908, S. 171—180, zuerst mitgeteilt in Bulletin de l'Institut égyptien 1893, 3e série, t. IV, p. 149—156.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Aurel Steins Forschungsreise im Lop-nor-Gebiet. Im Auftrage der Indischen Regierung hat der britische Archäologe *Aurel Stein* in den Jahren 1913 bis 1916 Zentralasien in weitem Umfange bereist und dabei die interessante, auch durch *Sven von Hedin* mehrfach erforschte Gegend untersucht, in welcher der Tarimfluß in dem salzigen Boden der Lopwüste versickert[1]). Am 8. Januar erreichte der Reisende Tjarchlik[2]) (39 ° Nord, 88 ° Ost) und einige Tage später *Miran*, den letzten bewohnten Ort, den schon *Marco Polo* auf seiner, einen Monat währenden Reise durch die Lopwüste nach Sa-tschou am Ostrande des Tarimbeckens um das Jahr 1273 passierte. *Stein* folgte aber nicht dessen Route, sondern schlug einen weiten Bogen nach Norden, der ihn bis an den Südfuß des Kuruk-tag und im März bei 92 ° Ost auf den ziemlich geradlinig nach ENE führenden „großen Weg" von *Miran* nach Sa-tschou zurückführte. Die Ausbeute dieser zweimonatlichen Wüstenreise war reich an Funden von prähistorischer und archäologischer Bedeutung, unter denen die wohlerhaltene, etwa 1600 Jahre alte Mumie eines Homo alpinus besondere Erwähnung verdient. Aber auch auf dem Gebiete der physischen Geographie ergaben sich wichtige Resultate. Der Boden bestand vielfach aus Salz- und Tonschichten, die sich am Boden des früher hier vorhandenen Lop-nor abgelagert hatten. Stellenweise kamen noch einzelne Tümpel als Reste dieses Salzsees vor, deren Wasser so stark salzhaltig war, daß es selbst bei der im Februar beobachteten nächtlichen Kälte von — 24 ° (in etwa 800 m Höhe) nicht gefrieren konnte. Im ganzen Gebiet ist die Winderosion außerordentlich stark; ihre Wirkung macht sich in der Ausarbeitung schmaler, durch flache Gräben getrennter Rücken aus toniger Erde, Yardangs genannt, bemerkbar, die in der Lopwüste überall von ENE nach WSW verlaufen. Dies beweist, daß hier Winde vorherrschen, die aus den kalten Hochflächen der südlichen Mongolei in das Lop-nor-Becken hinabwehen, wie das ja auch der winterlichen Luftdruckverteilung entspricht. Bei einer Ruine konnte festgestellt werden, daß die Winderosion den Boden volle 22 Fuß (= 670 cm) unter das ursprüngliche Niveau erniedrigt hatte. Daß aber dieser Erniedrigungsprozeß schon seit sehr viel längeren Zeiträumen vor sich geht, wird durch Zeugenberge erwiesen, die sich in großer Zahl bis zu 30 m hoch über die abgewehte ebene Wüstenfläche erheben, weil ihre festen Tonschichten dem Winde einen größeren Widerstand entgegenzusetzen vermochten. Schwerere Körper, die der Wind nicht transportieren kann, werden durch das Fortblasen der feinen Sand- und Tonteilchen bloßgelegt. Dies gab dem Reisenden die Möglichkeit, aus Hunderten von alten Münzen und Pfeilspitzen aus Bronze, die im Sande gefunden wurden, einen alten Karawanenweg durch die Wüste zu rekonstruieren. Am östlichen Ende des ehemaligen Lop-nor ziehen sich an den Berghängen langgestreckte Terrassen aus Ton hin, die als Strandlinien des alten Sees zu deuten sind und beweisen, daß dieser früher einen langen Ausläufer nach Osten entsandte und sein ehemaliger Wasserspiegel sich hoch über den Boden erhob, der heute eine salzige Tonfläche darstellt.

O. Baschin.

Die Verteilung der Lufttemperatur in Deutschland. Bisher fehlte es an einer zuverlässigen Darstellung der klimatischen Verhältnisse Deutschlands, die nunmehr vom Preußischen Meteorologischen Institut in Angriff genommen worden ist, indem für die Mehrzahl der klimatischen Elemente Karten ihrer Verbreitung innerhalb Deutschlands entworfen wurden. Als erste Probe derartiger Karten veröffentlicht *G. Hellmann* diejenigen über die Lufttemperatur in den extremen Monaten Januar und Juli[1]). Sie beruhen auf den Aufzeichnungen von 330 meteorologischen Stationen während des 30-jährigen Zeitraums 1881—1910, sind im Maßstab 1 : 5 000 000 entworfen und zeigen die auf das Meeresniveau reduzierten Isothermen in Abständen von einem Grad.

Im *Januar* ist deren Verlauf im wesentlichen nordsüdlich. Bei Aachen trit die 2°-Isotherme, im östlichen Ostpreußen diejenige von — 4 ° auf deutsches Gebiet. Die 0°-Isotherme verläuft, allerdings mit weiten seitlichen Ausschlägen, im Mittel auf dem 9. Meridian östlicher Länge. Am Nordfuß der Alpen biegt sie nach Osten um und erreicht ihren südlichsten Punkt innerhalb Europas in Mazedonien, nahe bei 43 ° nördlicher Breite, während sie westlich der norwegischen Küste bis zum 72. Breitengrad polwärts reicht. Interessant sind einige kleine, meist von geschlossenen Isothermen umzogene wärmere Gebiete nördlich der deutschen Mittelgebirge, Riesengebirge, Erzgebirge und Harz, sowie der Alpen. Bei allen diesen ist die höhere Temperatur offenbar auf die Wirkung von Föhnwinden zurückzuführen, deren Einfluß auf die mittlere Temperaturverteilung in den größeren deutschen Mittelgebirgen damit zum erstenmal nachgewiesen wird.

Im *Juli* zeigen die Isothermen eine ganz andere Richtung, nämlich WSW—ENE. Vor der deutschen Nordseeküste liegt die Isotherme von 16 °, von der aus die Temperatur südwärts zunimmt, bis sie am Fuß der Alpen 21 ° erreicht. Ein Vergleich dieser Karte mit der Regenkarte von Deutschland läßt eine deutliche Übereinstimmung zwischen den warmen und den trockenen Gebieten Deutschlands erkennen.

Für die Reduktion der beobachteten Temperaturen auf das Meeresniveau wurde nicht der übliche Mittelwert der Temperaturabnahme von 0.5 ° für je 100 m angenommen, sondern man berechnete für die einzelnen Gebirge die mittleren Monatswerte der *Temperaturabnahme mit der Höhe*, die in Hundertsteln eines Zentesimalgrades für die Höhenstufe von 100 m in der folgenden Tabelle wiedergegeben sind[2]):

---

[1]) Explorations in the Lop desert. By Sir *Aurel Stein*. The Geographical Review, New York, 1920, Vol. 9, S. 1—34. Abbildungen und Kartenskizze 1 : 3 Mill.

[2]) Die Schreibweise der Namen habe ich in Übereinstimmung gebracht mit derjenigen in Stielers Handatlas, 9. Auflage, Gotha 1905. Die dort nicht verzeichneten Namen sind *kursiv* gesetzt.

[1]) Isothermen von Deuschland. Von *G. Hellmann*. Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften. Physikalisch-mathematische Klasse, 1920, Nr. XVI, S. 369—376. 2 Karten.

[2]) Die Temperaturabnahme mit der Höhe in den deutschen Gebirgen von *G. v. Elsner*. Bericht über die Tätigkeit des Preußischen Meteorologischen Instituts in den Jahren 1917, 1918, 1919. Berlin, 1920. S. 132—140.

Mittlere Temperaturabnahme mit der Höhe in Hundertstel Grad für die Höhenstufe von 100 m.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Riesengebirge	41	54	61	65	66	64	62	59	54	54	47	44	56
Grafschaft Glatz	32	49	60	66	64	62	62	59	53	55	51	42	55
Erzgebirge	47	60	62	64	66	65	64	59	51	53	49	48	58
Harz	39	56	61	67	67	64	65	63	57	55	49	50	58
Thüringer Wald	39	57	65	68	70	69	70	62	51	54	48	49	59
Rothaar-Gebirge	58	67	70	73	72	69	70	67	59	62	65	59	66
Schwarzwald	28	47	60	62	57	57	56	53	46	44	38	34	48
Bayrische Alpen	32	43	54	60	59	62	57	53	49	48	40	36	49
Vogesen	40	52	67	73	71	71	70	66	57	49	40	37	58
Deutsches Reich	*40*	54	62	*66*	*66*	65	64	60	53	53	47	44	56

Diese Tabelle gibt zum erstenmal eine genaue Übersicht über die vertikale Temperaturverteilung an der Erdoberfläche innerhalb Deutschlands. Am geringsten ist die Temperaturabnahme im Januar (nur in den Vogesen tritt das Minimum schon im Dezember ein), was darauf zurückzuführen ist, daß sich im Winter die untersten Luftschichten infolge der überwiegenden Ausstrahlung stark abkühlen, während auf den Höhen die kalte Luft wegen ihrer größeren Dichte im allgemeinen nach unten abfließt. Wo jedoch eine stärkere Luftbewegung das Stagnieren kalter Luftmassen am Boden verhindert, muß die Temperaturabnahme höhere Werte erreichen, worauf, wenigstens teilweise, die Abweichungen beim Rothaar-Gebirge zurückzuführen sein dürften.

Der Grund für die hohen Beträge der Temperaturabnahme im April bis Juni liegt nach *J. v. Hann*[1]) in den schmelzenden Schneelagen der größeren Höhen, welche die stärkere Erwärmung der Luft hemmen, während die Täler schon höhere Temperaturen annehmen können. Innerhalb der einzelnen Stationspaare ergeben sich folgende extreme Werte: Im Schwarzwalde zwischen Schopfheim (378 m) und Todtnauberg (1022 m) 17 (im Januar) und in Thüringen zwischen Meiningen (316 m) und Inselsberg (906 m) 80 (im Mai und Juni). *O. Baschin.*

Terrestrial Magnetic Variations and their Connection with Solar Emissions which are Absorbed in the Earth's Outer Atmosphere. (*S. Chapman*, Phil. Trans. *22* (41) 341—359. Cambridge 1919.) Der Verf. hat in den letzten Jahren mehrere eingehende Studien über die zeitlichen Veränderungen des erdmagnetischen Feldes angestellt, besonders über den Mondeinfluß und die Theorie der Störungen. In vorliegender Arbeit gibt er einen Überblick über alle zeitlichen Variationen und ihre physikalische Erklärung unter Verwertung seiner eigenen Forschungsergebnisse und unter Berücksichtigung theoretischer Betrachtungen anderer Geophysiker. Es werden daher weniger neue Gedanken gebracht als eine gründliche Durchsicht und Kritik aller vorhandenen Vorstellungen.

Neu ist der Nachweis, daß die die magnetischen Störungen hervorrufenden elektrischen Ströme in höheren Schichten verlaufen, als jene mit der regelmäßigen täglichen Variation verbundenen; erstere seien zwischen 90 und 120, letztere zwischen 10 und 90 km Höhe über der Erdoberfläche zu suchen. Auch die Mondvariationen werden in die Schicht der Störungsströme verlegt. Bei dem Problem der elektrischen Strahlung der Sonne tritt der Verf. für ein Mitwirken der γ-Strahlung ein, namentlich in den untersten Schichten. Hierin bestünde eine Verbindung mit der Zunahme der luftelektrisch festgestellten Zunahme der durchdringenden Strahlung mit wachsender Erhebung über die Erde. *Nippoldt.*

[1]) Lehrbuch der Meteorologie. Von *Julius v. Hann.* 3. Aufl., Leipzig, 1915, S. 128.

Die Sciroccos der Sinaiwüste. Meteorologische Zeitschrift, Heft 1/2, 1920.) Die Sciroccos der Sinaiwüste konnten in den Jahren 1916 bis 1917 mit den Mitteln einer Feldwetterwarte untersucht werden, also besonders auch durch Windmessungen. Die Sciroccos treten von März bis Mai auf, im Mai erreichen sie ihre größte Heftigkeit. Die heißen SE-Winde stürzen ähnlich einem Lavastrom über die Gebirge des Innern gegen die Mittelmeerküste vor. Meerwärts verliert die Strömung bedeutend an vertikaler Ausdehnung und Intensität. Bei voller Entwicklung dieser Föhnwinde liegt im Küstengebiet ein Strömungsmaximum von 14—20 mps in 300—600 m Höhe. Über der Sciroccoströmung wehen schwache Winde vom Meer. Das Ende eines Sciroccos wird gekennzeichnet durch ein wechselvolles Vorkämpfen von Seewinden landeinwärts, verbunden mit Luftstauungen und hoch sich auftürmenden Gewitterwolken über dem Küstengelände. Die Zeit dieses Vorkämpfens von der Küste bis Jerusalem schwankt von einigen Stunden bis zu mehreren Tagen. Windmessungen haben in diesem Endstadium nur ganz beschränkte räumliche und zeitliche Gültigkeit. (Bedeutung für die praktische Fliegerei.)

Aus einer am frühen Morgen angestellten Windmessung läßt sich sofort auf den Verlauf der Bodenwinde während des kommenden Tages schließen. Eine Stärke der Sciroccoströmung von 12 mps und mehr in einer Höhe von 300—400 m bringt im Laufe des Vormittags SE-Winde von mehr als 6 mps und damit die gefürchtete Staubtrübung. Aus der Höhenwindmessung läßt sich auch der Zeitpunkt angeben, bis zu welchem die aus der Wüste heranfegenden Staubwolken die Beobachtungsstelle erreichen.

Die Höchsttemperatur der Sciroccowinde wurde im Mai 1916 in Birseba zu 43,1 ° mit dem Assmannschen Aspirationspsychrometer gefunden. Die Luftfeuchtigkeit ist abnorm gering. Der Zeiger des Hygrographen schleifte an mehreren Tagen einige Stunden am unteren Rand der Registriertrommel entlang.

Das Übereinanderstreichen von Luftströmungen aus verschiedener Richtung und von verschiedener Luftdichte, besonders auch das frontale Ankämpfen von Seewinden bei Beendigung eines Sciroccos bedingen außerordentlich starke Böen. Während man in Deutschland

im Flugzeug im allgemeinen „fährt", hat man im vorliegenden Gebiet bedeutend stärker den Eindruck des „Fliegens"; nach einem Scirocco besonders werden im Flugzeug in allen Schichten äußerst heftige Böen empfunden. *W. Späth, Göttingen.*

Vorläufige Ergebnisse militärischer aerologischer Stationen (*P. A. Galbas,* Meteorologische Zeitschrift, Heft 11/12, 1919). Die Felddrachenwarte Ruda bei Lodz (Polen) ist als Musterstation der militärischen aerologischen Stationen, die während des Krieges 1914/18 bei der deutschen Armee Verwendung fanden, anzusehen. Geschickte Auswahl und Ausnutzung des Geländes, unermüdliche Tätigkeit des wissenschaftlichen und technischen Personals haben zu ausreichender Erforschung der Atmosphäre über einem kontinental gelegenen Orte geführt. Das Ergebnis von täglich 3 Fesselaufstiegen in der Zeit von Juni 1915 bis Oktober 1917 (die Station war noch bis November 1918 in Tätigkeit), die zum Teil Sondierungen der Atmosphäre bis zu einer Höhe von 5500 m brachten, ist in einer Tabelle der Temperaturgradienten dargestellt, die im großen und ganzen den Temperaturgradienten über Lindenberg (Aeronautisches Observatorium) nahe kommen. — Als interessantes Ergebnis von 3 weiteren Stationen (Jambol in Bulgarien, Zilistea in Rumänien, S. Giorgio in Norditalien), deren Lage durch Gebirgsnähe charakterisiert ist (Entfernung bis 25 km), fällt das Vorherrschen der Bodeninversion bei den Frühaufstiegen auf. Als Erklärung dafür werden 1. nächtliche Ausstrahlung, 2. Föhnwinde und 3. Berg- und Talwinde angegeben. *Autoreferat.*

Astronomische Mitteilungen.

Beobachtungen der Helligkeit, des Farbenindex und des Spektrums der Nova Aquilae 3 (*P. Guthnick* und *P. Hügeler,* Astron. Nachr. 5037/38). Von Allgemeininteresse an dieser Arbeit sind vor allem die Methode und Ergebnisse der Farbenindexbestimmungen von einer Reihe von Sternen, die dazu dienten, eine Skala für die Messungen der Nova festzulegen. Der Helligkeitsunterschied mit und ohne Gelbfilter gemessen ist für Sterne verschiedener Spektraltypen und somit verschiedener Farben verschieden, für gelbe Sterne naturgemäß geringer als für blaue. Der Farbenindex ist hier definiert als „Größe ohne Filter" minus „Größe mit Filter". Der Zusammenhang zwischen Spektrum und Farbenindex bei den 67 Sternen, die sich über alle Typen erstrecken, wird eingehend untersucht. Trägt man die Spektraltypen in der natürlichen Reihenfolge von den weißen nach den roten Sternen auf (in der Harvard-Klassifikation mit O B A F G K Ma Mb Mc Md N bezeichnet) als Abszissen, die Farbenindizes als Ordinaten auf, so zeigt der Farbenindex den negativsten Wert bei B, während bei O eine geringe Umkehr angedeutet ist. Der Anstieg von B bis Ma ist stetig, aber keineswegs gleichmäßig. Zwischen G und Ma, den gelben und roten Sternen, ist er besonders rapid. Zum erstenmal ist aber hier hervorgetreten, daß die Typen Mb, Mc, Md (letztere sind die Miraveränderlichen) eine scharfe Umkehr zeigen und Md wieder den gleichen Farbenindex aufweist wie die gelben K-Sterne. Ein fortgesetztes Anwachsen des Farbenindex zeigt sich beim Übergang von Ma zu den seltenen N-Sternen. Die Farbenindexkurve scheint sich bei Ma in zwei Äste zu teilen. Da bei diesen sogenannten späten Typen das Spektrum durch so viele Linien und breite Banden vor allem im Roten unterbrochen ist, daß es schwerlich als kontinuierlich zu bezeichnen ist, so kann es nicht wundernehmen, daß der Farbenindex sich wieder den gelben Sternen nähert. Im übrigen zeigen der lichtelektrische und der photographisch-visuelle Farbenindex eine völlig lineare Beziehung.

Künstliche Lichtkurven (*P. Guthnick,* Astron. Nachr. 4993). Die Frage, ob die recht wechselvollen Lichtkurven der Veränderlichen verschiedener Typen sich durch ungleichmäßige Helligkeitsverteilung auf der Oberfläche eines rotierenden Körpers erklären lassen, hatte *Guthnick* zu einer Reihe von Versuchen mit beleuchteten drehbaren Kugeln veranlaßt. Mathematisch war diese Frage durch *Gyldén* und *Bruns* gelöst, die nachwiesen, daß man *jede* Lichtkurve durch passende Helligkeitsverteilung auf der Oberfläche des Körpers erklären könne. Physikalisch sind hier allerdings Einschränkungen zu machen, indem erstens die Oberflächenhelligkeit nirgends negativ werden darf und zweitens die sogenannte Randverdunkelung in plausiblen Grenzen bleiben muß. Es wird nämlich angenommen, daß die scheinbare Helligkeit eines Oberflächenelementes eine bestimmte Funktion des augenblicklichen Abstandes vom Mittelpunkt der Scheibe sei. Bei der Sonne ist diese Randverdunkelung deutlich ausgeprägt, besonders für die kurzwelligen Strahlen. Für die Gesamtstrahlung richtet sich die Flächenhelligkeit nach folgender, von *Schwarzschild* auch theoretisch begründeten Formel $O = \frac{1}{3}\ (1 + 2 \cos \Psi)$, wo Ψ der Abstand vom Scheibenmittelpunkt ist. Zu den experimentellen Untersuchungen wurden mattschwarze Ebenholzkugeln verwandt, die mit dem extrafokalen Lichtbündel einer Linse beleuchtet wurden, so daß auf diese Weise auch Randverdunkelung vorhanden war. Auf den schwarzen Kugeln waren mit weißer Kreide Flecken aufgezeichnet, so wurden sie lichtelektrisch photometriert. Sie waren auf einem drehbaren Gestell aufgesetzt, das eine Messung unter allen Winkeln gestattete. Durch geeignet angebrachte Flecken gelang es, alle bei den Veränderlichen beobachteten Kurven im wesentlichen darzustellen. Die Lichtkurve zeigt naturgemäß stets einen flacheren Verlauf als die Helligkeitsverteilung an der Oberfläche. Trotzdem gelang es bis zu 8 Helligkeitswellen während einer Umdrehung zu erzeugen und ebenso den Fall der sogenannten Antalgolsterne mit raschem Lichtanstieg und langsamerem Abfall darzustellen. Bei einzelnen Veränderlichen steigt das Licht während nur $^1/_7$ der Periode (vielleicht noch rascher) an, um während $^6/_7$ wieder abzufallen. Referent hat in Astron. Nachr. 5019 rechnerisch diese Fälle untersucht und gefunden, daß man nur mit unwahrscheinlich starker Randverdunklung, bei der ein Fleck in bereits 30° Abstand vom Scheibenmittelpunkt keinen nennenswerten Anteil am Gesamtlicht mehr hat, eine so große Asymmetrie der Lichtkurve erklären kann. Der Grad der Randverdunklung wurde bei *Guthnick* leider nicht gemessen. Erneute Untersuchungen, bei denen dies geschieht, können vielleicht über die Frage Klarheit schaffen, ob diese Typen von Veränderlichen, über die jetzt sehr viel theoretische Untersuchungen angestellt werden, einfache rotierende Körper sein können oder nicht.

Bottlinger.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner,* Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 26. (Seite 501—516) **25. Juni 1920.** **Achter Jahrgang.**

LIBRARY RECEIVED U. S. Department of Agriculture

INHALT:

Das Gesetz der Reizschwelle. Von *A. Pütter*, *Bonn*. S. 501.

Die Mathematik und die Naturwissenschaften in Spenglers „Untergang des Abendlandes". Von *P. Riebesell*, *Hamburg*. S. 507.

Das natürliche Bildmaß und der goldene Schnitt. Von *F. Hauser*, *Erlangen*. S. 509.

Zuschriften an die Herausgeber:
Bemerkung zu meiner Notiz „Spezielle Relativitätstheorie und Probleme des Atomkerns". Von *A. Smekal*, *Wien*. S. 512.

Besprechungen:
Kammerer, Paul, Einzeltod, Völkertod, biologische Unsterblichkeit. Von *H. L. Honigmann*, *Magdeburg*. S. 512.
Kammerer, Paul, Geschlechtsbestimmung und Geschlechtsverwandlung. Von *H. L. Honigmann*, *Magdeburg*. S. 513.
Geiger, H., und W. Makower, Meßmethoden auf dem Gebiete der Radioaktivität. Von *L. Meitner*, *Berlin-Dahlem*. S. 513.
Minerva, Jahrbuch der gelehrten Welt. Von *A. Berliner*, *Berlin*. S. 514.

Astronomische Mitteilungen:
Neue Untersuchungen über die jährliche Refraktion. Studies based on the colours and magnitudes in stellar clusters. S. 514—516.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.

Binokulares Mikroskop mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren

Mikrophotographische und Projektionsapparate

Mikrotome, Lupen und Lupenmikroskope ❖ Prismenfernrohre.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 18.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 1.80.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C. Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Lichtbilder
für Projektion
aus allen Gebieten der Wissenschaft, Kunst, Völkerkunde etc.
Projektionsapparate
A. Krüss
Optisch-Mechanische Werkstätten
Inhaber: Dr. **Paul Krüss,**
Hamburg 11. (192)

Gross-Schmetterlinge der Erde
von Prof. Dr. Ad. Seitz.
Die Palaearkten sind vollständig.

Bd. I Tagfalter kostet gebunden 144 M.
„ II Spinner u. Schwärm. „ 120 „
„ III Eulen „ 132 „
„ IV Spanner „ 96 „
Zur **Erleichterung der Anschaffung** liefere ich jeden einzelnen Band oder mehrere oder alle Bände gegen 10% ige Monatsraten. Anfragen erbeten an
HERMANN MEUSSER, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75.

Mikroskopische Präparate
Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen und Probeplatten, Mineralogie und Geologie. Neue Liste gegen Einsendung von M. 5.—, welche bei einem Auftrage von M. 20.— angerechnet werden.
J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (207)

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope
Gg. Leisegang Berlin
Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche
Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Elektrotechnische Meßinstrumente

Ein Leitfaden

von **Konrad Gruhn**

Mit 321 Textabbildungen

Preis M. 17.—; gebunden M. 20.—
(+ Sortimentszuschlag)

Aus dem Vorwort:

Der Inhalt des vorliegenden Leitfadens ist für alle bestimmt, die die Absicht haben, sich mit dem Wesen elektrotechnischer Meßinstrumente vertraut zu machen. Dabei ist nicht nur an Studierende gedacht, sondern auch an den in der Praxis Stehenden, in Laboratorien, Elektrizitätswerken, Zentralen, kurz an alle, die mit elektrotechnischen Meßinstrumenten umgehen wollen. . . . Es ist weniger die Aufgabe des Buches, die verschiedenen Möglichkeiten der Ausführungsform elektrotechnischer Meßinstrumente zu beschreiben, die beschriebenen Ausführungen sind als Beispiele zu betrachten. Dagegen ist das Bestreben in den Vordergrund gerückt, das Grundsätzliche an den Meßgeräten herauszuarbeiten und auf ihre Eigenarten einzugehen. . . .

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 25. Juni 1920. Heft 26.

Das Gesetz der Reizschwelle.

Von A. Pütter, Bonn.

Die Reizvorgänge an Tier und Pflanze scheinen einem Versuch, Lebensvorgänge in gesetzmäßige Abhängigkeit von physikalischen oder chemischen Bedingungen zu bringen, ganz besondere Schwierigkeiten zu bieten. In der bunten Mannigfaltigkeit der Erregungs- und Lähmungsvorgänge scheint viel eher unübersehbare Willkür als strenge Gesetzmäßigkeit zum Ausdruck zu kommen. Es soll die Aufgabe dieser Zeilen sein, an einem Beispiel zu zeigen, welche wichtigen Schritte auch auf diesem Gebiet schon gemacht sind in der Richtung auf eine physikalisch-chemische Analyse der Lebensvorgänge.

1. Die Schwellenreizung durch den elektrischen Strom.

Der elektrische Strom kann in sehr verschiedener Form als Reiz angewandt werden. Man kann konstante Ströme oder Wechselströme, kann Kondensatorentladungen oder Induktionsschläge benutzen. Für jede Art der Reizung steht die experimentelle Forschung vor der Aufgabe, die Bedingungen festzustellen, unter denen ein reizbares System (meist ein peripherer Nerv oder ein Muskel) den Reiz gerade noch oder gerade nicht mehr mit einer Erregung beantwortet. So ist bei einem konstanten Strom festzustellen, welche *Zeit* bei einer gewissen *Stromstärke* erforderlich ist, damit die Schwellenreaktion eintritt. Bei Wechselströmen handelt es sich darum, die Beziehung zwischen der Anzahl der *Polwechsel in der Sekunde* und der geringsten *Stromstärke*, die noch eine Erregung bewirkt, zu ermitteln. Bei Kondensatorentladungen muß festgestellt werden, in welcher Beziehung das *Patential* und die *Kapazität* des Kondensators stehen müssen, damit seine Entladung eine Schwellenerregung bewirkt.

Die experimentellen Resultate waren wenig durchsichtig, so daß es nicht möglich war, eine Bedingung anzugeben, die für alle die genannten Fälle als notwendig und hinreichend zur Kennzeichnung des Zustandes gelten konnte, bei dem eine Erregung eintritt. Den großen grundsätzlichen Fortschritt in der Frage nach der Bedingung der Schwellenerregung brachte die Untersuchung von *Nernst* (3) über die Theorie des elektrischen Reizes. Die außerordentlich fruchtbare Grundvorstellung, von der er ausging, war die, daß eine eben merkliche Erregung dann eintritt, wenn an einer Stelle in dem erregbaren Gebilde die *Konzentration* bestimmter Stoffe eine gewisse Erhöhung gegenüber dem ungereizten Zustande erfahren hat. Für den elektrischen Strom konnte diese sehr allgemeine Vorstellung näher bestimmt werden. Als die Stoffe, deren Konzentrationsänderung zur „Erregung" führt, betrachtet *Nernst* die *Elektrolyte* der lebenden Systeme. Diese Annahme ist unbedingt die nächstliegende, denn alle lebenden Zellen und Gewebe sind „Leiter zweiter Ordnung", d. h. Leiter, die den elektrischen Strom nur unter Stoffverschiebung leiten. Diese Stoffverschiebung besteht in einer Wanderung der Ionen zu den Stellen, an denen der Strom in die lebenden Systeme eintritt (physiologische Anode) und an denen er sie verläßt (physiologische Kathode). Durch diese Ionenverschiebung kommt es aber zu einer Konzentrationsänderung nur da, wo *Membranen* sich der Wanderung der Ionen entgegenstellen. In allen lebenden Systemen finden sich Membranen oder Grenzschichten mit Membraneigenschaften, wie diese Theorie sie erfordert, reichlich vor.

Die Frage, welche Konzentrationsänderungen beim Durchgang des Stromes durch ein lebendes System entstehen, wird in dieser Formulierung zu einer speziellen Aufgabe der Lehre von der Polarisation an Membranen. Die theoretische Physik ist in der Lage, die Frage zu beantworten, wie groß die Konzentrationsänderung in der Nähe der Membran, an der die Polarisation stattfindet, in einem beliebigen Zeitpunkte ist. *Nernst* hat zunächst nicht die strenge Theorie dieser Konzentrationsänderung entwickelt, sondern nur eine angenäherte Theorie, die sich durch große Einfachheit der Resultate auszeichnet. Der Grundgedanke der Theorie ist der: die Verschiebung der Ionen nach den Polen erfolgt proportional der jeweiligen *Stromstärke;* der Konzentrationszunahme an den Membranen wirkt aber entgegen die *Diffusion*, die die Ionen wieder von der Membran, in deren Nähe sie in höherer Konzentration vorhanden sind, hinwegführt. Die tatsächliche Konzentrationszunahme ist also von dem Verhältnis der beiden Vorgänge abhängig, von denen der eine ein Konzentrationsgefälle zu schaffen, der andere es auszugleichen strebt.

Sehr schwierig werden die Verhältnisse dadurch, daß die Membranen, durch die der Strom hindurchgeht, in sehr geringer Entfernung voneinander stehen. Da einer Konzentrationszunahme an einer Membran stets eine Konzentrationsabnahme der gleichen Ionen an der anderen (dem anderen Pol entsprechenden) Membran entspricht, so entstehen sehr verwickelte Bedingun-

gen für die Diffusion. Wären die beiden Membranen, an denen die Pole liegen, unendlich weit voneinander entfernt, so würden die Diffusionsvorgänge an ihnen sich gegenseitig nicht stören. Das gäbe eine große Vereinfachung in der theoretischen Behandlung der Frage, und diese Vereinfachung hat *Nernst* eingeführt. Es ist dadurch von vornherein ausgeschlossen, daß die Formeln, die *Nernst* entwickelt, für Reize gelten können, die längere Zeit einwirken, denn in diesem Falle müssen sich die Konzentrationsänderungen in merklicher Weise über den ganzen Abstand der Membranen erstrecken; das vereinfachte Gesetz ist das Gesetz der Momentanreizung.

Die Nernstschen Gesetze lassen sich in folgender Weise aussprechen. Gleiche Konzentrationsänderungen werden in den reizbaren lebenden Systemen durch elektrische Ströme unter folgenden Bedingungen hergestellt:

a) Für konstanten Strom, wenn das Produkt aus der Stromstärke (i) und der Wurzel aus der Durchströmungszeit (t) einen bestimmten (für das einzelne System charakteristischen) Wert erreicht hat, wenn also die Gleichung gilt:

$$i\sqrt{t} = \text{konst.} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (1$$

b) Für Wechselströme (reine Sinusströme), wenn der Quotient der Stromstärke (i) und der Wurzel aus der Zahl der ganzen Polwechsel pro Sekunde (m) einen bestimmten Wert erreicht hat, wenn also die Gleichung gilt:

$$\frac{i}{\sqrt{m}} = \text{konst.} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2$$

c) Für Kondensatorentladungen, wenn das Produkt aus dem Potential (r) und der Wurzel der Kapazität (C) einen bestimmten Wert erreicht hat, wenn also die Gleichung gilt:

$$r\cdot\sqrt{C} = \text{konst.} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (3$$

Diese gleichen Konzentrationsänderungen bewirken die gleichen Veränderungen an den reizbaren Systemen, nämlich eine eben merkliche Erregung.

Eine große Zahl experimentell ermittelter Tatsachen konnte durch diese Gesetze in einheitlicher Weise erklärt werden, und wie auch der weitere Ausbau der Theorie die Gleichungen verwickelter gestalten mag: als Näherungsformeln und damit für didaktische Zwecke werden sie stets wertvoll bleiben. Wer aber nach größerer Schärfe in der Ableitung der Theorie strebt, der wird schon den Umstand störend empfinden, daß diese Näherungsformeln die Grenzfälle nicht richtig geben. Es ist eine feststehende Beobachtungstatsache, daß ein konstanter Strom, um überhaupt eine Erregung bewirken zu können, eine gewisse mindeste Stärke haben muß, die durch langdauernde Einwirkung nicht verkleinert werden kann. Nach der Gleichung (1) aber müßte bei sehr langdauernder Einwirkung eine minimale, von Null kaum verschiedene Stromstärke zur Erregung hinreichen. Ähnlich liegen die Dinge bei der Reizung durch Wechselströme und Kondensatorentladungen. Hier setzt die Erweiterung der Nernstschen Theorie durch *Hill* (6) ein, die auf die Vereinfachung verzichtet, die *Nernst* gemacht hatte (s. o.) und die Wirkung berücksichtigt, die es hat, daß die Pole an den beiden Membranen in endlicher Entfernung (a) voneinander liegen.

Für den konstanten Strom gibt diese genauere Theorie nicht mehr die Bedingung

$$i\sqrt{t} = \text{konst.}$$

sondern die recht verwickelte:

$$i\left[\frac{\nu}{k}\left(\frac{a}{2}-b\right)-\frac{4\nu}{k}\cdot\frac{a}{\pi^2}\cdot\cos\frac{\pi b}{a^2}\,e^{-k\frac{\pi^2}{a^2}\cdot t}\right] = \text{konst.}$$

In dieser Gleichung kommen außer der Stromstärke (i) und Reizdauer (t) noch vier Konstanten vor, nämlich: der Abstand der beiden polarisierten Membranen (a), die Entfernung von der Membran, in der der Punkt liegt, für den die Konzentrationsänderung berechnet werden soll (b), der Diffusionskoeffizient der wirksamen Ionenart (k) und die Zahl ν, die die Wirkung der Einheit des Stromes mißt. Der Zahlenwert von ν ist umgekehrt proportional der Valenz der wirksamen Ionenart. Da man $b = 0$ setzen kann, behält man noch drei Konstanten, von denen die Konzentration in unmittelbarer Nachbarschaft der Membran abhängt.

Für Wechselstrom und Kondensatorentladungen werden die Gleichungen noch wesentlich verwickelter, sie sollen hier nicht mitgeteilt werden. Was die Anwendung der Theorie betrifft, so geht zunächst aus ihr hervor, daß bei unendlich langer Reizzeit ($t = \infty$) eine endliche Stromstärke nötig ist, um Erregung zu bewirken, eine Stromstärke, die sich (für $b = 0$) aus der Gleichung

$$i = \text{konst}\cdot\frac{2k}{\nu\cdot a}$$

berechnen läßt. Die Übereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung ist sehr befriedigend, sie versagt nicht, wie die vereinfachte Nernstsche Theorie, bei längeren Reizzeiten. Die folgende Tabelle 1 mag dies an einem Beispiel erläutern. Als Objekt diente der Nervus Ischiadicus der Kröte. Die Überlegenheit der Darstellung nach *Hill* ist höchst augenfällig.

Tabelle 1.

Reizzeit[1] $t\cdot 10^6$	Reizstärke i beobachtet nach *Keith Lucas*	Reizstärke i berechnet nach *Nernst* $i=\frac{52}{\sqrt{t}}$	Reizstärke i berechnet nach *Hill* $i=\frac{0{,}086}{1-(0{,}73)\,(0{,}758)^{1000\,t}}$
430	$i = 0{,}245$	0,250	0,244
870	0,179	0,176	0,201
1700	0,152	0,126	0,158
3500	0,119	0,0878	0,119
7000	0,091	0,0621	0,096
∞	0,086	0	0,086

[1]) Als Zeiteinheit ist hier also 1 millionstel Sekunde $= {}^1/_{1000}\ \sigma$ gewählt.

In entsprechender Weise ist die Hillsche Ableitung für Wechselströme und Kondensatorentladungen der einfacheren Nernstschen überlegen.

Bis hinab zu Reizzeiten von etwa 0,07 σ[1]) stehen die beobachteten Werte der Reizstärke in bester Übereinstimmung mit der Theorie. Für noch kürzere Reizzeiten treten dagegen, gleichviel ob man nach *Nernst* oder *Hill* berechnet, typische Unterschiede zwischen den beobachteten und berechneten Werten hervor, und zwar sind stets größere Reizstärken erforderlich, als die Theorie vorhersagt. Ein Beispiel (Nervus Ischiadicus des Frosches), bei dem die Reizzeiten bis etwa 0,02 σ hinuntergehen, mag die Grenzen der Theorie deutlich machen.

Tabelle 2.

Reizzeit $t \cdot 10^6$	Reizstärke beobachtet von *Gildemeister* u. *Weiß* (5) $i =$	Reizstärke berechnet: a) nach *Hills* Formel $i = \frac{0{,}0585}{1-(0{,}82)\,(0{,}35)^{1000t}}$	Reizstärke berechnet: b) mit Korrektur für kürzeste Reizzeiten $i = \frac{0{,}0585 \cdot e^{550 \cdot t^{-2}}}{1-(0{,}82)\,(0{,}35)^{1000t}}$
0	—	0,325	∞
17[2])	0,800	0,308	2,05
22[2])		0,303	0,934
26	0,640	0,293	0,631
34	0,480	0,280	0,454
42	0,400	0,276	0,377
55	0,320	0,260	0,312
68,5	0,280	0,246	0,277
83	0,240	0,234	0,253
95	0,224	0,224	0,238
107	0,208	0,216	0,226
124	0,192	0,209	0,215
165	0,176	0,190	0,190
207	0,160	0,172	0,172
239	0,144	0,160	0,160
413	0,128	0,124	0,124
598	0,112	0,105	0,105
784	0,096	0,092	0,092
1197	0,080	0,082	0,082
∞	—	0,0585	0,0585

Die Abweichungen (für die Zeiten, die kleiner als $83 \cdot 10^{-6}$ sind) zwischen der Berechnung nach *Hill* und der Beobachtung sind aus dem Vergleich zwischen dem zweiten und dritten Stab leicht zu ersehen. Ihre Erklärung dürfte in der Richtung zu suchen sein, daß die einfache Annahme, wonach die Schwellenreizung eintritt, wenn eine gewisse Konzentration erreicht ist, noch einer Ergänzung bedarf; etwa derart, daß diese Konzentration in einem gewissen *Raum* herrschen, oder eine gewisse *Zeit* hindurch bestehen bleiben muß. Eine genaue Formulierung dieser Annahme und eine darauf fußende mathematische Ableitung der Bedingungsgleichung für die Schwellenerregung liegt bisher noch nicht vor. Näherungsweise kann man den angedeuteten Bedingungen dadurch Rechnung tragen, daß man den Wert von i mit einem Faktor (φ) multipliziert, der die Form hat $\varphi = e^{kt^{-2}}$. Wie der letzte Stab der Tabelle 2 zeigt, erhält man eine sehr vollständige Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Berechnung, wenn man $k = 550$ setzt. Führt man diesen Faktor ein, so erhält man auch einen richtigen Grenzwert für eine Reizung, deren Dauer $t = 0$ ist. Nach *Hill* würde für $t = 0$ der Wert von $i = 0{,}325$ sein, während er sinngemäßerweise ∞ werden muß, was nach Einführung des Faktors φ der Fall ist. Es würden nach dieser erweiterten Gleichung bei ganz kurzen Reizzeiten sehr große Reizstärken erforderlich sein, z. B. für $t = 0{,}015$ σ würde $i = 0{,}4$ sein, für $t = 0{,}01$ σ $i = 80{,}0$, für $t = 0{,}009$ $i = 290$, für $t = 0{,}008$ $i = 1650$ und für $t = 0{,}007$ $i = 23\,000$. Über die Wirkung konstanter Strömung von so kurzer Dauer liegen keine Beobachtungen vor, aber die Erfahrungen über die Wirkungslosigkeit von Wechselströmen mit sehr hohen Unterbrechungszahlen sprechen dafür, daß die physiologische Wirkung bei Reizzeiten von der Größenordnung $^1/_{100\,000}$ Sekunde und weniger rapide abnimmt.

2. *Die Schwellenreizung durch Licht.*

Im Jahre 1908 fand *Fröschel* (2) an den Keimpflanzen der Gartenkresse (*Lepidium sativum*) und 1909 unabhängig von ihm *Blaauw* (4) an den Keimpflanzen des Hafers (*Avena sativa*) eine sehr bemerkenswerte Gesetzmäßigkeit in bezug auf die Wirkung des Lichtes. Die Untersuchungsobjekte der beiden Forscher krümmen sich bei einseitiger Belichtung nach der Lichtquelle hin, und zwar erfolgt diese Krümmung immer dann, wenn eine gewisse *Lichtmenge* die Keimpflanze getroffen hat. Ob diese Lichtmenge in kurzer oder langer Zeit zugeführt wird, ist für den Reizerfolg gleichgültig, erfordert wird nur, daß das Produkt von Lichtstärke und Belichtungsdauer konstant ist. Nennen wir die Lichtstärke J und die Belichtungszeit („Präsentationszeit") t, so ist also die Bedingung für den Eintritt der Reizung ausgedrückt durch die Gleichung:

$$J \cdot t = \text{konst.}$$

In *Blaauws* Versuchen wuchsen die Zeiten der Belichtung von $^1/_{1000}$ Sekunden bis zu 43 Stunden (also im Verhältnis von 1 : 155 Millionen), die Lichtstärken, die notwendig waren, um eine Schwellenreizung hervorzurufen, nahmen dabei von 26 520 Meterkerzen bis auf 0,000 17 Meterkerzen ab (also im Verhältnis von 1 : 146 Millionen). Das Produkt von Lichtstärke und Belichtungszeit war annähernd konstant und betrug im Mittel 21 Meterkerzensekunden. Die Genauigkeit dieser Zahl ist allerdings nicht sehr groß, denn die tatsächlich beobachteten Werte lagen zwischen 16,2 und 27,5 M.K.S., d. h. der höchste Wert war

[1]) 0,07 tausendstel Sekunden = 70 millionstel Sekunden.

[2]) Bei den kürzesten Reizzeiten macht sich der mittlere Fehler der Zeitmessung, der $4 \cdot 10^{-6}$ Sekunden beträgt, stark geltend. Einer Intensität von 0,8 würde eine Reizzeit von $22{,}9 \cdot 10^{-6}$ entsprechen.

um 70 % höher als der geringste. Immerhin erwies sich die Regel von der Konstanz der Lichtmenge, die zur Schwellenreizung nötig ist, als sehr bedeutsam und hat dementsprechend auch in der Pflanzenphysiologie eine große, ja vielleicht eine zu große, Wertschätzung errungen.

Wenn Licht auf eine photographische Platte einwirkt, so ist die Stärke der Schwärzung, d. h. die *Menge* der durch das Licht chemisch veränderten Substanz, entsprechend dem Gesetz von *Bunsen* und *Roscoe* proportional der *Lichtmenge*. Es tritt also eine Schwärzung bestimmter Stärke ein, wenn das Produkt von Lichtstärke und Belichtungszeit einen gewissen Wert erreicht. Die Pflanzen, die unter der Wirkung einer bestimmten Lichtmenge eine eben merkliche Krümmung zeigen, scheinen sich also nicht anders zu verhalten als photographische Platten, in denen durch eine gewisse Lichtmenge eine bestimmte Menge photochemischer Umwandelungsprodukte entstanden ist, und wir könnten das Schwellengesetz für Lichtreizung so zu fassen versuchen, daß wir sagen: eine Lichtreizung erfolgt, wenn in dem reizbaren System eine bestimmte Menge photochemischer Umwandelungsprodukte entstanden ist.

Wenn wir aber versuchen, die einfache Form des Schwellengesetzes, die wir bei den Pflanzen fanden, auf die Lichtreizung des menschlichen Auges zu übertragen, so versagt es in einer ganz bestimmten Weise. Die Untersuchungen über die Abhängigkeit zwischen Lichtstärke und Einwirkungszeit, die zu einer eben merklichen Helligkeitsempfindung erforderlich sind, führen zu keiner einfachen Formulierung.

Es ist ja eine allbekannte Beobachtungstatsache, daß dem menschlichen Auge die Fähigkeit fehlt, die Wirkung der Lichtmengen, die es in längerer Zeit treffen, zu summieren. Wenn der Astronom mit gut ausgeruhtem (völlig dunkeladaptiertem) Auge ins Fernrohr blickt, so sieht er die Sterne, die das Rohr unter den gegebenen Umständen zu zeigen vermag, sogleich. Was er nicht binnen der ersten Sekunde erkennen kann, erkennt er auch in Stunden nicht, und so bleibt die Unzahl der lichtschwachen Objekte dem Auge unzugänglich, während die photographische Platte geduldig die Lichtspuren viele Stunden lang ansammelt, bis endlich eine erkennbare Schwärzung eingetreten ist.

Die genauere Untersuchung führt zu dem Ergebnis, daß die geringste Lichtstärke, die zur merklichen Erregung des Auges nötig ist, schon bei einer Belichtungsdauer von 0,5 bis 0,6 Sekunden erreicht wird. Längere Belichtungsdauern machen keine geringeren Lichtstärken wahrnehmbar.

Beträgt die Belichtungszeit etwa 0,5 bis 0,05 Sekunden, so besteht, wie *v. Kries* (1) feststellte, eine verwickelte Abhängigkeit zwischen Lichtstärke und Belichtungszeit. Diese Beziehung ist zwar derart, daß der kürzeren Belichtungszeit die größere Reizstärke entspricht, aber das Produkt dieser beiden Größen ist nicht konstant, es ist vielmehr um so größer, je geringer die Lichtstärke ist. Erst wenn die Belichtungszeit kürzer als 0,05 Sekunden wird, gilt auch für das Auge die Regel von der Konstanz der Lichtmenge. Die Gültigkeit dieser Regel ist bis zu Belichtungszeiten von 0,002 Sekunden (2 σ) hinab geprüft und bestätigt worden.

Wie erklärt sich dieser Unterschied zwischen der Reizwirkung des Lichtes bei der Pflanze und im Auge des Menschen? Ein Verständnis hierfür können wir gewinnen, wenn wir die Vorgänge, die bei der Lichtreizung ablaufen, etwas näher verfolgen. Die Wirkung, die das Licht in den lebenden Systemen bei der Reizung ausübt, besteht darin, daß es die Geschwindigkeit einer Reaktion erhöht, in der bestimmte Stoffe ineinander übergehen. Um die Vorstellungen etwas greifbarer zu gestalten, wollen wir die Stoffe, die unter der Wirkung des Lichtes rascher umgewandelt werden, als *„sensible Stoffe"* oder *„S-Stoffe"* bezeichnen, die Verbindungen, die dabei entstehen als *„Erregungsstoffe"* oder *„R-Stoffe"*. Die *Menge* der *R*-Stoffe, die in der Zeiteinheit entsteht, muß proportional der zugeführten *Lichtmenge* sein (Grundgesetz der Photochemie), muß aber außerdem noch von der jeweilig vorhandenen Konzentration der *S*-Stoffe abhängen. Die *S*-Stoffe, die bei dem photochemischen Vorgang aufgebraucht werden, müssen ständig nachgeliefert werden. Wir wollen das Ausgangsmaterial, aus dem sie entstehen, als *A*-Stoffe bezeichnen. (*Pütter* 8.)

Die Reaktionen zwischen den *A*-, *S*- und *R*-Stoffen sollen dem Massenwirkungsgesetz folgen. Sie laufen in einem bestimmten, räumlich begrenzten, Teil der lebenden Systeme ab, den wir uns durch eine Membran abgegrenzt denken und als Reizraum bezeichnen. Die nächstliegende Annahme, die wir über die Beziehung der gekennzeichneten stofflichen Umwandlungen zum Reizvorgang machen können, ist die, daß eine eben merkliche Erregung eintritt, wenn die *Konzentration* der *R*-Stoffe im Reizraum eine gewisse Höhe erreicht hat. Jeder Konzentrationserhöhung wirkt die *Diffusion* entgegen; wir werden daran denken müssen, daß die *R*-Stoffe durch die Membran, die den Reizraum umgibt, hinausdiffundieren, so daß die wirklich herrschende Konzentration der *R*-Stoffe bestimmt ist durch das Verhältnis der durch das Licht beschleunigten Reaktion einerseits und der Diffusion andererseits.

Faßt man diese Vorstellungen über den Reizvorgang mathematisch, so erhält man einen Ausdruck, der die Beziehungen zwischen der Konzentration der *R*-Stoffe, der Lichtstärke (J) und der Reizzeit (A) darstellt. Da die Konzentration der *R*-Stoffe einen konstanten Wert erreichen soll, wenn die eben merkliche Erregung eintritt, so erhalten wir die Bedingungsgleichung:

$$\frac{q}{r(1+q)}\left(100+\frac{c\cdot r}{r-1-q}\cdot e^{-(1+q)t}+d\cdot e^{-rt}\right)=\text{konst.}$$

In dieser Gleichung ist $q = q_0\ (1 + J)$ und bedeutet die Reaktionskonstante, die die Geschwindigkeit der Umwandlung der S-Stoffe in die R-Stoffe mißt, und deren Größe von der Lichtstärke J abhängt (q_0 bedeutet den Wert dieser Reaktionskonstante bei Abwesenheit von Licht); r ist der Diffusionskoeffizient für die R-Stoffe, die durch die Membran des Reizraumes hindurch diffundieren. Die Buchstaben c und d bedeuten Integrationskonstanten, deren Zahlenwert durch die Anfangsbedingungen bestimmt ist. Mit Hilfe dieser Gleichung[1]) lassen sich nun in der Tat die scheinbar so grundverschiedenen Erfahrungen über die Schwellenreizung des menschlichen Auges und der Pflanzen einheitlich beschreiben.

Während nach der Regel der konstanten Lichtmengen ($J \cdot A = \text{konst.}$) bei genügend langer Reizdauer eine minimale Lichtstärke zur Schwellenreizung hinreichen soll, läßt die theoretisch abgeleitete Gleichung erkennen, daß auch bei unendlicher Reizzeit eine endliche Lichtstärke nötig ist, die sich aus der Gleichung

$$\frac{100\ q}{r\,(1+q)} = \text{konst.}$$

ergibt. Es folgt ferner aus der Gleichung, daß für kleine Werte von t, d. h. für kurze Reizzeiten, das Produkt von $J \cdot t$ merklich konstant wird, während für große Werte von t nicht das Produkt $J \cdot t$, sondern die Intensität J praktisch konstant wird.

Zwischen die beiden Gebiete, die dadurch ausgezeichnet sind, daß in dem einen die Lichtstärke, die zur Schwellenreizung nötig ist, umgekehrt proportional der Zeit ist, in dem anderen dagegen ganz unabhängig von der Zeit, schiebt sich ein Gebiet, in dem zwischen der Reizzeit und der Reizstärke eine verwickelte Abhängigkeit besteht. Gerade dieses Gebiet wird am besten den Wert der Theorie zeigen, wenn es gelingt, die undurchsichtigen Zahlenverhältnisse von Lichtstärke und Belichtungszeit, die die Beobachtung ergibt, aus der Theorie richtig abzuleiten. Das ist in der Tat der Fall, wie die folgende Zusammenstellung zeigt. Die beobachteten Werte stammen von *v. Kries* (1).

Schwellenreizung des Auges.

Reizintensität J	Produkt $J \cdot t$ beobachtet nach *v. Kries*	Produkt $J \cdot t$ berechnet nach *Pütter*
1,00 (1,15)[2])	2,17	∞ (2,17)
1,31	1,96	1,92
1,45	1,65	1,74
1,72	1,59	1,52
1,99	1,51	1,39
2,24	1,27	1,36
5,06	1,14	1,13

[1]) Die ausführlichere Entwicklung der Gleichung und der in ihr benutzten besonderen Einheiten für die Konzentration der R-Stoffe, die Zeit und die Reizstärke sind zu vergleichen bei *Pütter* (8).

[2]) Der Reizstärke $J = 1{,}0$ entspricht nach der Definition die Reizzeit $t = \infty$, dem Produkt $J \cdot t = 2{,}17$ würde eine Reizstärke $J = 1{,}15$ entsprechen.

Sind damit die Verhältnisse am menschlichen Auge aufgeklärt, so bleibt noch die Frage zu beantworten, warum die Experimentalforschung bei den Pflanzen nicht über das Gebiet hinausgekommen ist, in dem näherungsweise eine konstante Lichtmenge zur Schwellenreizung erforderlich ist. Es liegt dies einmal daran, daß die Verminderung der Konzentration der R-Stoffe durch die Diffusion bei den Pflanzen in der Tat viel geringer ist als beim Menschen, was auf die größere Dicke der Membranen, die den Reizraum abschließen, und auf die viel erheblichere absolute Größe der lichtreizbaren Elemente der Pflanze zurückzuführen ist. Für eine Zapfenzelle der Fovea centralis des menschlichen Auges ist der „Reizraum" durch das Außenglied des Zapfens gegeben, dessen Dicke, bei zylindrischer Gestalt und ca. 40 μ Länge, nur 0,6 bis 0,7 μ beträgt. Die Reizräume der Pflanzen können wir zwar nicht so genau abgrenzen, doch ist ihre Lineardimension wohl eher nach Hunderten μ zu messen, also mehrere hundert mal größer. Der zweite Grund, weshalb die Abweichungen von der Regel der konstanten Lichtmenge bei den Pflanzen nicht so augenfällig werden, liegt in der geringeren Genauigkeit der pflanzenphysiologischen Feststellungen. Wenn man mit einem Beobachtungsfehler von 70 % rechnen muß, so kann eine Abweichung von der Regel der konstanten Lichtmengen erst bei Lichtstärken deutlich werden, die die absolute Schwellenintensität nur um einige Zehntel übertreffen. Wenn auf diese Verhältnisse genauer geachtet wird, werden sich aber auch bei Pflanzen die Abweichungen von der Regel der konstanten Lichtmengen bei geringen Lichtstärken finden, ja der folgende Fall der Lichtreizung des Pilzes *Phycomyces nitens*, ein Fall, in dem die Genauigkeit der Beobachtung größer zu sein scheint, zeigt schon nach den Zahlen von *Blaauw* eine solche Abweichung: bei der Reizzeit von 100 Sekunden ist die Lichtmenge um $^1/_3$ höher, als in den Fällen der kurzen Reizzeiten bis 1,58 Sekunden.

Schwellenreizung von Phycomyces nitens.

Zeit der Reizung in Sekunden	Lichtstärke in Meterkerzen	$I \cdot t$ in relativ. Werten	
0,0025	44 000	100	100
0,010	11 000	100	
0,044	2 444	97	
1,580	73	105	
100,0	1,46	133	

Die Regel der konstanten Lichtmengen stellt also nur eine Näherungsformel dar, die in der Nähe der absoluten Schwellenintensität nicht gilt.

Alle Beobachtungen aber führen zu dem einheitlichen Ergebnis, daß eine eben merkliche Erregung eintritt, wenn die *Konzentration* der photochemischen Umsetzungsprodukte *im Reizraum* eine bestimmte Höhe erreicht hat.

3. Das allgemeine Gesetz der Schwellenreizung.

Die beiden Einzelfälle eines Gesetzes der Schwellenreizung, wie sie eben entwickelt sind,

zeigen sehr bemerkenswerte gemeinsame Züge. Beide verwenden die Vorstellung, daß die Veränderungen, die der Reiz hervorruft, in einem Raum (Reizraum) vor sich gehen, der durch eine *Membran* abgegrenzt ist. Durch diesen Ansatz tragen sie dem Umstande Rechnung, daß jedes lebende System, ja jedes Plasmateilchen, ein *heterogenes System* ist. Dadurch, daß die Dimension des Reizraumes bzw. das Verhältnis seines Volumens zu seiner Oberfläche in die Bedingungsgleichung eingeht, kommt die Bedeutung der *absoluten Größe* und der *Form* für die Erregbarkeit zum Ausdruck. Beide machen die Annahme, daß die *Menge* der Stoffe, die unter der Wirkung des Reizes eine Veränderung erleiden, proportional dem Produkt aus Reizstärke und Reizzeit, also der *Reizmenge*, ist. Beide erkennen *nicht die Menge* dieser Stoffe, die unter Wirkung der Reize sich verändern, als wirksam für den Eintritt der Reaktion an, sondern nur deren *Konzentration*, d. h. die Menge in der Einheit des Raumes. Beide sehen in der *Diffusion* den Vorgang, durch den die Konzentrationszunahme begrenzt wird.

Aus diesen ganz gleichen Grundannahmen werden sehr verschiedene Gleichungen abgeleitet, die alle dasselbe aussagen; die alle nichts weiter sind, als der Ausdruck für die Bedingungen, unter denen an mindestens einer Stelle eine gewisse, für alle verglichenen Fälle *konstante* „Konzentration der wirksamen Stoffe" erreicht wird. Der Unterschied in der Art der Wirkung des elektrischen Reizes und des Lichtreizes liegt wesentlich darin, daß bei der Lichtreizung *in allen Teilen des Reizraumes* gleichzeitig und mit gleicher Geschwindigkeit die wirksamen Stoffe entstehen, so daß ihr Konzentrationszuwachs im Zeitdifferential überall gleich ist, während der elektrische Reiz *nur an zwei Flächen* des Reizraumes Konzentrationsänderungen (entgegengesetzter Art) bewirkt, so daß ein höchst verwickeltes Gefälle der wirksamen Stoffe im Reizraum resultiert.

Wenn wir versuchen, diese Grundvorstellungen auch auf die übrigen möglichen Reizarten auszudehnen, so muß für jede Reizart die Besonderheit ihrer Wirkung berücksichtigt werden.

Für den Schwerkraftreiz, oder allgemeiner für den Reiz, den eine Massenbeschleunigung ausübt (also auch die Zentrifugalkraft), dürften die Verhältnisse ganz analog liegen, wie beim Lichtreiz, so daß wir die Geltung eines Gesetzes von gleicher Form erwarten können. Diese Erwartung trifft zu, wie die Erfahrungen der Pflanzenphysiologie zeigen. Die Reizung durch Massenbeschleunigung wird merkbar, wenn das Produkt von Reizstärke (J) und Reizzeit (t) einen konstanten Wert erreicht. Das wäre wieder das Reizmengengesetz. Es erleidet ebenso wie bei der Reizung durch Licht eine Änderung, wenn die Reizstärken der Intensitätsschwelle nahe kommen, dann steigt das Produkt $J.t$, wie es die Theorie erfordert, die das Reizmengengesetz nur als Grenzfall erkennen läßt. Wenn die Abweichungen nicht in allen Versuchsreihen deutlich werden, so liegt das daran, daß die Genauigkeit, mit der die Schwelle bestimmt wird, keinen hohen Grad erreicht.

Solange Licht, Massenbeschleunigung oder elektrischer Strom als Reize verwendet werden, besteht für die Reizversuche die Möglichkeit, den Reiz momentan in voller Stärke einwirken zu lassen und ihn auch momentan wieder auszuschalten. Dadurch ergibt sich eine wesentliche Vereinfachung der Aufgabe, die jedesmal zu lösen ist: nämlich anzugeben, nach welcher Zeit eine bestimmte Konzentration wirksamer Stoffe an einer bestimmten Stelle (Reizraum) erreicht wird. Werden dagegen chemische, osmotische oder Wärmereize angewandt, so tritt eine neue Verwicklung dadurch ein, daß der Reiz erst nach einer gewissen Zeit in voller Stärke wirkt. Bei der chemischen Reizung ist es die Diffusion der Stoffe zum Ort der Reizwirkung (Reizraum) hin, bei der Wärmereizung die Wärmeleitung, die eine gewisse Zeit erfordert, so daß jede Reizung mit geringen Reizstärken beginnt und erst in merklicher Zeit zu ihrer vollen Stärke anschwillt. Zwei Reize verschiedener Stärke sind also bei diesen Reizarten auch stets in bezug auf die Geschwindigkeit verschieden, mit der sie ihrem vollen Werte zustreben. Die Bedingungsgleichungen für die Schwellenreizung bei derartigen anschwellenden Reizen sind nicht ohne weiteres anzugeben, es wird weiterer theoretischer Untersuchungen bedürfen, um sie in strenger oder auch nur in vereinfachter, angenäherter Form zu entwickeln. Welche große Mannigfaltigkeit der Bedingungen besonders bei chemischen Reizen zu berücksichtigen ist, darüber liegen schon einige Betrachtungen vor (*Pütter* 9). Ganz besonders schwierig zu behandeln wird der Fall, in dem der Zustand eines lebenden Systems, d. h. also die Konzentration der wirksamen Stoffe (R-Stoffe) in ihm, als Reiz auf ein zweites System einwirkt (10). Dann handelt es sich um Reize von sehr verwickeltem zeitlichen Verlauf, und vorläufig läßt sich nur näherungsweise angeben, wie hoch unter solchen Bedingungen die Konzentration der R-Stoffe in dem zweiten System zu einer bestimmten Zeit ist, bzw. nach welcher Zeit eine bestimmte Konzentration der R-Stoffe in ihm erreicht wird. Gerade dieser Fall aber beansprucht das allergrößte Interesse, da die Bedingungen für solche Einwirkungen eines lebenden Systems auf ein anderes ganz allgemein im Nervensystem verwirklicht sind. Hier wird die Physiologie die Hilfe der theoretischen Physik anrufen müssen, da die völlige Beherrschung des mathematischen Rüstzeuges dieser Grundwissenschaft dazu gehört, um die Formen anzugeben, in denen die einzelnen experimentell feststellbaren Größen miteinander verbunden sein müssen, wenn auch im Nervensystem der Satz gilt, daß eine bestimmte Konzen-

tration wirksamer Stoffe erreicht werden muß, damit eine Schwellenerregung eintritt. Tritt — wie es für den elektrischen Reiz wahrscheinlich gemacht werden konnte — noch die weitere Bedingung hinzu, daß diese Konzentration eine gewisse Zeitlang oder in einem Raum gewisser mindester Größe bestehen muß, so wird die Aufgabe noch verwickelter.

Das allgemeine Gesetz der Schwellenreizung ist demnach grundsätzlich nicht durch eine einzige Gleichung auszudrücken, nicht einmal für eine Reizart, wie wir beim elektrischen Reiz sahen, aber alle die höchst verschiedenen Gleichungen, die für die einzelnen Reizformen die Bedingung der Schwellenreizung zum Ausdruck bringen, sagen alle dasselbe aus. Wir dürfen hoffen, daß wir für eine immer größere Zahl von Reizarten den Nachweis werden erbringen können, daß die notwendige und hinreichende Bedingung der Schwellenreizung sich so fassen läßt: Eine Erregung erfolgt in einem lebenden System, wenn in ihm oder an einer bestimmten Stelle in ihm die Konzentration bestimmter wirksamer Stoffe für eine gewisse Zeit eine für das einzelne System und die einzelne Reizart konstante Höhe erreicht.

Literatur.

1. 1907. *v. Kries*, Zeitschr. f. Sinnespysiol. Bd. *41*, S. 373—394.
2. 1908. *Paul Fröschel*, Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien, Math.-nat. Kl. Bd. *117*, Abt. 1.
3. 1908. *W. Nernst*, Zur Theorie des elektrischen Reizes. Pflügers Arch. Bd. *122*, S. 275—314.
4. 1909. *A. H. Blaauw*, Die Perception des Lichtreizes, Recueil des Travaux Botaniques Néerlandais Vol. *5*, S. 209.
5. 1909. *M. Gildemeister* und *O. Weiß*, Pflügers Arch. Bd. *130*, S. 329—345.
6. 1910. *A. V. Hill*, Journal of Physiology Bd. *40*, S. 190—224.
7. 1911. *A. Pütter*, Vergleichende Physiologie, G. Fischer, Jena.
8. 1918. *A. Pütter*, Studien zur Theorie der Reizvorgänge I—IV, Pflügers Arch. Bd. *171*, S. 201—261.
9. 1919. *A. Pütter*, Studien zur Theorie der Reizvorgänge VI, Pflügers Arch. Bd. *176*, S. 39 bis 69.
10. 1920. *A. Pütter*, Studien zur Theorie der Reizvorgänge VII, Pflügers Arch. Bd. *180*, S. 260—290.

Die Mathematik und die Naturwissenschaften in Spenglers „Untergang des Abendlandes“[1]).

Von P. Riebesell, Hamburg.

Das Aufsehen erregende Werk *Spenglers* ist für den Mathematiker und Naturwissenschaftler insofern von großer Bedeutung, als es zum ersten Male unternimmt, eine Kulturgeschichte vom mathematischen Standpunkt aus zu schreiben. Nicht nur, daß der Verfasser mit den neuesten mathematischen und physikalischen Forschungen durchaus vertraut ist und die Bedeutung der Mathematik für die Kulturgeschichte in umfassender Weise dargelegt wird, sondern auch das umgekehrte Problem, der Einfluß der übrigen Kulturelemente auf Mathematik und Naturwissenschaft, wird zu lösen versucht. *Spengler* hat es sich zur Aufgabe gemacht, eine neue Art von Geschichte, eine Weltgeschichte der Kulturen, zu schreiben. Er will aber nicht nach der alten Methode der Aneinanderreihung von Tatsachen verfahren, sondern die Kulturen als organische, gleichsam biologische Objekte behandeln. Eine Kultur ist für ihn eine Einheit, für die es ein Entstehen, ein Wachsen, eine Blütezeit und ein Vergehen gibt. In jeder Kultur wiederholen sich dieselben Vorgänge, und sobald es erreicht ist, die Naturgeschichte der Kultur bis in alle Einzelheiten dargelegt zu haben, kann man in der Kulturgeschichte naturwissenschaftlich verfahren und die Zukunft voraussagen. *Spengler* behauptet denn auch gleich im ersten Satz, daß er zum ersten Male den Versuch gemacht habe, Geschichte vorauszubestimmen. In diesem gewaltigen Vorsatz liegt die Stärke, aber auch die Schwäche, seines Werkes.

Nach *Spengler* gibt es zwei grundverschiedene Möglichkeiten, die Welt zu betrachten, einmal *das Gewordene* zu beschreiben — das soll Aufgabe der Naturwissenschaft sein — und zweitens *das Werden der Welt* zu erkennen — das soll die richtig verstandene Aufgabe der Geschichte sein. Um letztere in Angriff nehmen zu können, soll eine Morphologie der Weltgeschichte aufgebaut werden. Dazu ist es nötig, die Tatsachen der Geschichte nicht als solche, sondern als Symbole aufzufassen. „Wer weiß es“, sagt *Spengler*, „daß zwischen der Differentialrechnung und dem dynastischen Staatsprinzip der Zeit Ludwigs XIV., zwischen der antiken Staatsform der Polis und der euklidischen Geometrie, zwischen der Raumperspektive der abendländischen Malerei und der Überwindung des Raumes durch Bahnen, Fernsprecher und Fernwaffen, zwischen der kontrapunktischen Instrumentalmusik und dem wirtschaftlichen Kreditsystem ein tiefer Zusammenhang der Form besteht? Selbst die realsten Formen der Politik nehmen, aus dieser Perspektive betrachtet, einen höchst transzendenten Charakter an, und es geschieht vielleicht zum ersten Male, daß Dinge wie das ägyptische Verwaltungssystem, das antike Münzwesen, die analytische Geometrie, der Scheck, der Suezkanal, der chinesische Buchdruck, das preußische Heer und die römische Straßenbautechnik *gleichmäßig* als Symbole aufgefaßt und als solche gedeutet werden.“ An vielen Stellen nimmt der Verfasser Bezug auf *Goethes* Lehre von der Metamorphose der Pflanzen, und in ähnlicher Weise wie Goethe die Idee der Pflanze zum Ziel seiner Forschung machte, so ist es bei *Spengler* die Idee der Kultur.

[1]) *O. Spengler*, Der Untergang des Abendlandes. Umrisse einer Morphologie der Weltgeschichte. Bd. *1*: Gestalt und Wirklichkeit. 7.—10. Auflage. München 1920.

Um diese zu erhalten, hält er es für nötig, daß eine ganz neue Art des Erkennens angewandt werde. Während in der Naturwissenschaft lediglich Kausalitätsverhältnisse erforscht werden, sollen bei der Geschichtsforschung nicht nur die Kantischen Anschauungsformen benutzt werden, sondern es soll eine ganz anders geartete Notwendigkeit, die organische Notwendigkeit des Schicksals — die „Logik der Zeit" — zu der „Logik des Raumes" hinzutreten. Diese Schicksalsidee ist für *Spengler* besonders charakteristisch, und er glaubt mit seiner Auffassung der Zeit das Wesen der abendländischen Kultur im Unterschied zur antiken entdeckt zu haben. Nach ihm ist schon die antike Mathematik durchaus zeitlos und geometrisch körperlich begrenzt, die Zahlen werden als rein gegenwärtige Größen aufgefaßt. Dadurch soll sich die Entwicklung in Richtung auf die euklidische Geometrie und die mathematische Statik erklären und die Mathematik zu keinem weiteren Ausbau fähig gewesen sein. Erst durch die abendländische Kultur sei der Funktionsbegriff eingeführt, durch den die Dinge so aufgefaßt werden, wie sie *werden*, nicht wie sie *sind*. Damit soll die Dynamik, die analytische Geometrie und die Differentialrechnung begründet sein. Jeder Kultur soll eine besondere Zahlenwelt zugehören, jede Mathematik durch ihre Kultur bedingt sein. Und was für die Mathematik gilt, soll auch in gleicher Weise für die ethischen, politischen, wirtschaftlichen und künstlerischen Erscheinungen gelten. In der Antike die gegenwartsfrohen Philosophien, die eng begrenzten politischen und wirtschaftlichen Formen, die klaren, endlich begrenzten Linien in der Kunst, dagegen im Abendlande die zeitlich und räumlich ins Unendliche strebenden Formen auf jedem der genannten Kulturgebiete. Die Spenglersche *Zeit* soll aber kein Begriff, keine Dimension sein, sie ist vielmehr das Schicksal selbst. Während in der Natur alles nach den Kategorien des Verstandes geordnet ist, soll in der Geschichte die Richtung, die Nichtumkehrbarkeit, als Haupteigenschaft der Zeit hinzukommen. Die Kultur ist das Urphänomen, das als Organismus auftritt, aber die Methode, diesen Organismus zu erforschen, soll nicht die naturwissenschaftliche, nicht die des „zoologischen Pragmatismus der Darwinisten" sein, sondern die intuitive *Goethes*. Jede Kultur soll die Verwirklichung und Gestalt einer einzigen bestimmten Seele, und das Schicksal soll die Logik des Daseins dieser Seele sein. Übergänge zwischen Organismus und Mechanismus bestehen nach *Spengler* nicht. Gesetze gibt es in der Geschichte nicht. „Ich frage nach den Gesetzen der Spektralanalyse, aber nicht, weshalb die Natriumlinie dem irdischen Auge gelb erscheint. Ich frage nach den Formeln der Thermodynamik, aber nicht, weshalb sie im menschlichen Bewußtsein, dessen Abbild doch die Welt ist, gerade diese und nicht andere sind. Ich frage nach den Rassemerkmalen der Hellenen und Germanen, aber nicht, was es bedeutet, daß diese ethnischen Formen gerade dort und damals entstanden sind. Das eine ist Gesetz, das Gesetzte, über dessen Sinn und Ursprung die exakte Wissenschaft schweigt, das andere ist Schicksal."

Durch das Schicksal ist die Entwicklung jeder Kultur vorgezeichnet. In sämtlichen Kulturen sollen die großen Schöpfungen der Religion, Kunst, Politik, Gesellschaft, Wirtschaft, Wissenschaft gleichzeitig entstehen, sich vollenden, erlöschen. Durch die Vergleichung der verschiedenen Kulturen soll es dann möglich sein, auch die noch nicht abgelaufenen Phasen der Geschichte zu bestimmen und andererseits längst verschollene Epochen zu rekonstruieren. Heißt das nicht aber, daß es auch in der Geschichte Gesetze gibt?

Es ist m. E. *Spengler* nicht gelungen, einen klaren Einblick in das Wesen seiner Schicksalsidee zu geben. Daß wir mit der Naturwissenschaft nicht das Wesen der Dinge erfassen, wissen wir. Aber auch die verschwommene Idee der chronologischen Zahl, der richtunggebenden Zeit, des Schicksals, die nichts anderes ist als die Gottesidee, oder die Kraft, der Wille oder die Lebenskraft anderer Philosophen, bringt uns m. E. keinen Schritt weiter. Die Naturwissenschaft — nicht die Naturphilosophie — wird nach wie vor bei dem Kausalitätsprinzip verharren und gerade mit ihren Methoden an das Spenglersche Problem der Vorausbestimmung der Geschichte herangehen. Ist es doch schon gelungen, mit Hilfe von statistischen Gesetzen — die übrigens *Spengler* nicht als mathematische anerkennt — die Massenerscheinungen, um die es sich bei den geschichtlichen Fragen handelt, soweit zu zergliedern, daß auch ohne Kenntnis aller psychologischen und physiologischen Gesetze des Einzelmenschen Ergebnisse für die Gesamtheit abgeleitet werden können. Doch *Spengler* gibt eigentlich selbst zu, daß seine Auffasssung nur bedingten Wert hat. Er sagt: „Weltgeschichte ist *unser* Weltbild, nicht das der Menschheit. Für den indischen und antiken Menschen gab es kein Bild der werdenden Welt als Art und Form der Anschauung, und vielleicht wird es, wenn die Zivilisation des Abendlandes, deren Träger wir Heutigen sind, erloschen ist, nie wieder eine Kultur und also einen menschlichen Typus geben, für den Weltgeschichte eine Form, ein Inhalt des kosmischen Bewußtseins ist." Darin unterscheidet sich aber gerade die Spenglersche „Geschichte" von der Mathematik und Naturwissenschaft, daß letztere unabhängig von der herrschenden Kultur ihre Bedeutung und ihren Sinn bewahren.

Treten wir insbesondere an die Fragen mathematischer und naturwissenschaftlicher Art heran, die *Spengler* erörtert. Nach ihm soll an eine fortlaufende Entwicklung dieser Wissenschaften nicht gedacht werden können. Die Mathematik der Griechen soll mit ihrer Kultur abgeschlossen sein und die Weiterentwicklung erst durch ganz

neue Ideen neuer Kulturen möglich gewesen sein. Aber diese Behauptung gelingt *Spengler* nur, *weil er die ihm nicht passenden Momente der griechischen Mathematik einfach fortläßt.* Das Vorahnen der infinitesimalen Methoden durch *Archimedes* leugnet er, von *Diophant* sagt er, daß er eigentlich bereits außerhalb der antiken Kultur stehe. Daß die Araber einfach an die Griechen angeknüpft und ihre Erkenntnisse weiter entwickelt haben, versucht er, m. E. ohne Erfolg, zu negieren. Die Fortentwicklung der griechischen Geometrie kann auch ohne die spezifischen Zutaten neuer Kulturen verstanden werden. Allein der Gedanke, immer mehr zu verallgemeinern und die Grundlagen darzulegen, führte zur affinen, dann zur projektiven Geometrie, schließlich zur Analysis situs. Die modernen Probleme der Axiomatik knüpfen unmittelbar an die antike Geometrie an. Genau so steht es mit der Arithmetik. Der moderne Zahlbegriff hat sich in derselben Weise aus dem indischen und arabischen entwickelt. Dazu kommt die moderne Relativitätstheorie, in der *Spengler* die Auflösung der Naturwissenschaft erblickt. Erst sie hat uns gezeigt, wie unsere physikalische Weltanschauung mit der mathematischen vierdimensionalen Raum-Zeit-Mannigfaltigkeit, die von jeder *naturwissenschaftlichen* Hypothese frei ist, zusammenhängt. Erst durch diese Theorie im Verein mit der Quantentheorie — einer bizarren Annahme nach *Spengler* — ist es klar geworden, wie sich die naturwissenschaftlichen Begriffe des Raumes, der Zeit und der Zahl von den mathematischen unterscheiden. Stellt man die Entwicklung dieser Wissenschaften als Funktion der Zeit graphisch dar, so ergibt sich eine fortlaufende aufsteigende Linie. Freilich keine gerade Linie, aber wie jede Funktion in eine Fouriersche Reihe zu entwickeln ist, so ist man dadurch noch nicht berechtigt, die Entwicklungsfunktion als eine periodische zu bezeichnen. Und aus dem bisherigen Verlauf der Kurve ist man keineswegs in der Lage, auf den zukünftigen zu schließen. *Spengler* verfährt überhaupt ganz unnaturwissenschaftlich, wenn er aus den vier Kulturen, die er beschreibt — der ägyptischen, der antiken, der arabischen und der abendländischen —, eine allgemeine Morphologie der Kulturen ableiten will. Die Symbole, die für die verschiedenen Kulturstufen gesetzt werden, geben nur eine einseitige Auffassung, die noch dazu ohne großen Zwang nicht abgeht.

Man muß sich überhaupt fragen, ob heutzutage noch von einer rein abendländischen Kultur gesprochen werden kann. Die technischen Hilfsmittel sind soweit vervollkommnet, daß Wissenschaft und Kultur international geworden sind. Gerade Mathematik und Naturwissenschaften sind an keine Länder- und Rassengrenzen gebunden, sie haben sich stets auch ohne Kulturfortschritte auf andern Gebieten weiterentwickelt. Es ist nicht einzusehen, warum neue Gedanken auf diesen Gebieten erst durch neue Kulturen hervorgebracht werden sollen. Der Beweis ist jedenfalls aus der bisherigen Geschichte nicht erbracht. Die Behauptung *Spenglers*, daß ein feiner Kopf aus der Zeit des *Archimedes* nach gründlichem Studium der modernen Physik versichern würde, daß es ihm unbegreiflich sei, wie jemand so willkürliche und verworrene Vorstellungen als Wissenschaft ansprechen könne, geht völlig fehl. Wenn man freilich in den naturwissenschaftlichen und mathematischen Erkenntnissen nur Symbole sieht, wie *Spengler*, so mag diese Behauptung richtig sein, doch neben den Symbolen *ist* noch etwas Unvergängliches in diesen Wissenschaften, das mit dem Niedergang der Kultur nicht verschwindet und noch niemals verschwunden ist.

Wie manche der Prophezeiungen *Spenglers* auf politischem Gebiete durch den Weltkrieg zuschanden geworden sind, so scheint auch für die Naturwissenschaft und die Mathematik die verhängnisvolle Prognose des Untergangs nicht zuzutreffen. Gerade diejenigen Erscheinungen, die nach *Spengler* auf einen Untergang hindeuten sollen — die Zweifel an den Fundamenten der Masse, des Raumes, der Zeit, die Benutzung statistischer Methoden — tragen den Keim des neuen Aufstiegs in sich. Für die Behauptung, daß Gelehrte im Stile von *Gauß, Humboldt* und *Helmholtz* schon um 1900 nicht mehr da waren und im Abendlande nicht wiederkommen, ist *Spengler* den Beweis schuldig geblieben.

Das natürliche Bildmaß und der goldene Schnitt.

Von F. Hauser, Erlangen.

Mit Rücksicht auf die angenehme Bildwirkung wird für photographische Platten das Seitenverhältnis von 3 : 4 als günstigstes bezeichnet. Im wesentlichen sind dies die Plattenformate 9.12, 12.16 und 18.24[1]). Für das Verhältnis der Bildabmessungen erhält man für diese Plattengrößen unter Abrechnung eines entsprechenden Randes, der von Kassette und Kopierrahmen überdeckt wird, Werte von 0,73 bis 0,74.

Fechner[2]) hat durch ausgedehnte Messungen die Seitenverhältnisse von Galeriebildern ermittelt. Er fand, daß von den Genrebildern die Steilbilder etwas zahlreicher sind als die Querbilder, wogegen bei Landschaften die Querbilder mehr als sechsmal so zahlreich sind als die Steilbilder. Aus den Bestimmungen des Verhältnismittels von Höhe zu Breite bzw. Breite zu Höhe schloß *Fechner*, daß das Verhältnis der größeren Dimension zur kleineren bei den verschiedenen Bilderklassen — von den als zufällig anzusehenden Unterschieden abgesehen — denselben Wert hat, einen verschiedenen aber, je nachdem, ob die Höhe größer ist als die Breite oder umgekehrt. Bei den Steilbildern verhält sich die Höhe zur Breite ziemlich genau wie

[1]) Vgl. *L. v. Boxberger*, Bildwirkung bei kleinen Formaten, Photographische Rundschau und Mitteilungen 1914, Heft 17, S. 257 und *W. Bandelow*, Plattenformate und Brennweiten für die bildmäßige Photographie, dieselbe Zeitschrift 1918, Heft 4, S. 59.

[2]) *Gustav Theodor Fechner*, Vorschule der Ästhetik, Leipzig 1876, II. Teil, Kap. XLIV.

5:4, bei den Querbildern ungefähr wie 3:4 (genau 0,731). Der letztgenannte Wert stimmt mit dem überein, welchen die gebräuchlichsten Plattenformate ergeben. Bemerkenswert ist, daß das Steilbild im Vergleich zum Querbild verkürzt erscheint. Man kann hierin vielleicht ein Nachgeben der Künstler gegenüber dem unbewußten Gefühl sehen, daß eigentlich das Querbild das natürlichere sei.

Ich habe nun, veranlaßt durch die beiden in der ersten Fußnote angeführten Aufsätze in der Photographischen Rundschau, versucht, den Grund für die Bevorzugung des Seitenverhältnisses von 0,73 ausfindig zu machen. Das Ergebnis meiner Untersuchungen[1]) habe ich in der Photographischen Rundschau 1919, Heft 12 und 18, veröffentlicht. Es sei hier das Wesentliche wiedergegeben.

Daß ein Bild von der Gestalt eines liegenden Rechtecks natürlicher wirkt als z. B. ein Quadrat, dürfte seinen Grund darin haben, daß man, wenn man gerade vor sich hinblickt, ohne die Absicht, einen Gegenstand scharf zu fixieren, als Bildfläche, innerhalb deren die Gegenstände ohne fühlbare Bewegung der Augen erkennbar sind, nicht einen Kreis, sondern eine ellipsenförmige Fläche sieht. Die Vermutung, daß die Abmessungen dieser Fläche bestimmend seien für den Eindruck der Maßverhältnisse eines Bildes, ist naheliegend.

Ich habe auf verschiedene Weise versucht, das Achsenverhältnis dieser Fläche zu bestimmen. Zunächst ermittelte ich es für verschiedene Entfernungen vom Auge durch Vorhalten eines Maßstabes vor einem beliebigen Hintergrund sowie durch Aufzeichnen der Umgrenzungslinie auf einem senkrecht gestellten Reißbrett und nachträgliches Abmessen der Achsen. Hierauf wiederholte ich die Messungen durch Vorhalten eines Maßstabes gegenüber einer hellen Wand. Um dann auch für größere Entfernungen vom Auge, als sie durch die Länge des den Maßstab haltenden Armes begrenzt sind, die Messungen durchführen zu können, stellte ich mich in verschiedenen Entfernungen gegenüber verschiedenen Zimmerwänden auf und prägte mir die jeweilige Gestalt der Fläche mit Hilfe von Merkpunkten (Bilder, Nägel, Leisten und dgl.) ein. Durch nachträgliches Ausmessen erhielt ich dann das Achsenverhältnis. Nach dieser Methode ließ ich auch zwei andere Beobachter die Grenzen der von ihnen gesehenen Flächen angeben, um sie dann auszumessen. Jedesmal wurden eine Reihe von Einzelmessungen gemacht. Wenn auch die Einzelwerte der Natur der Sache entsprechend stark schwankten, so ist doch bemerkenswert, daß die Mittelwerte aller Versuchsreihen zwischen 0,72 und 0,74 lagen, also dem als besonders günstig erkannten Verhältnis von Bildbreite zu Bildlänge gut entsprechen.

Als möglicher Grund für die größere Quer- als Vertikalausdehnung unserer Fläche erscheint sofort der Umstand, daß unsere Augen in einem gewissen Abstand nebeneinander liegen und daß ferner die von den Augenlidern gebildete Öffnung eine größere wagerechte als senkrechte Ausdehnung besitzt. Zu größeren Bewegungen der Augenachsen nach oben oder unten ist daher immer eine Mitbewegung der Lider notwendig, was immerhin eine gewisse Erschwerung bedeutet.

[1]) Die Frage ob sich ähnliche Untersuchungen nicht bereits in der Literatur befinden, muß ich hierbei offen lassen. Jedoch habe ich bei der Durchsicht einer Reihe einschlägiger Werke und Zeitschriften nichts Diesbezügliches gefunden.

Es genügen aber wohl bereits die Verhältnisse beim ruhenden Auge zur Erklärung. So ergaben die Ausmessungen des Gesichtsfeldes (also des Gebietes, innerhalb dessen überhaupt noch eine Lichterscheinung wahrgenommen wird) des ruhenden Auges durch verschiedene Forscher[1]) für das Verhältnis des vertikalen Meridians des zweiäugigen Gesichtsfeldes zum horizontalen Werte zwischen 0,58 und 0,68.

Weit wichtiger für unsere Betrachtungen scheinen jedoch die Untersuchungen zu sein, welche *Aubert*[2]) zusammen mit *Foerster* durchführte, um festzustellen, in welcher Ausdehnung die Netzhaut des Auges bei einäugigem Sehen die Fähigkeit besitzt zwei Punkte distinkt wahrzunehmen, also abseits der Augenachse im indirekten Sehen noch einigermaßen deutliche Bilder zu empfinden. Sie fanden im Abstand von 20 cm von den Augen die in Fig. 1 wiedergegebenen Umgrenzungslinien. Die ausgezogenen Linien entsprechen den Augen *Auberts*, die gestrichelten denjenigen *Foersters*. Die Ausdehnung der umgrenzten Flächen wird naturgemäß beeinflußt von der Größe und dem gegenseitigen Abstand der beiden zu den Versuchen dienenden Punkte sowie ihrer Entfernung von den Augen. Zeichnen wir in die Fig. 1 Umgrenzungslinien, welche nach Möglichkeit die ein- und ausspringenden Ecken der aufgenommenen Umgrenzungslinien ausgleichen, so erhalten wir für die Verhältnisse von Vertikal- zu Horizontalausdehnung der umschlossenen Flächen im

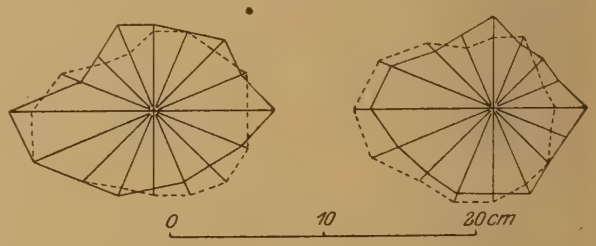


Fig. 1.

Mittel 0,75, also genau ¾. Die von mir gemessene Fläche dürfte wohl in engstem Zusammenhang mit diesem Ergebnis stehen, da das, was dieses für einzelne Punkte ergibt, wohl ohne weiteres auf das geschlossene Gesichtsfeld übertragbar ist.

Die bevorzugte Stellung des Querbildes mit dem Seitenverhältnis von 0,73 für Breite zu Länge ist somit wohl auf die Eigenschaften unsrer Augen zurückzuführen.

Demgegenüber dürfte das Steilbild nicht als eine natürliche, sondern als eine abgeleitete Bildform anzusehen sein. Kreisförmige und quadratische Bildformen nehmen eine Sonderstellung gegenüber der Wirkungsweise unserer Augen ein und lassen sich aus ihr — außer allenfalls bei einäugigem Sehen infolge optischer Täuschung[3]) — nicht ableiten und wirken daher unnatürlich und willkürlich. Die besonders ansprechende Wirkung geeigneter elliptischer Bildausschnitte findet

[1]) Vgl. *Hermann Aubert*, Physiologie der Netzhaut. Breslau, 1865, S. 254; *Wilhelm Wundt*, Grundzüge der physiologischen Psychologie, Leipzig 1893, II., S. 108.

[2]) *Hermann Aubert*, a. a. O., S. 244 ff.; vgl. auch *H. v. Helmholtz*, Handbuch der physiologischen Optik, 3. Auflage, *II.* Band, herausgegeben von Prof. Dr. *W. Nagel* und Prof. Dr. *J. v. Kries*, Hamburg und Leipzig, 1911, S. 35 ff.

[3]) Der horizontale Gesichtsfeldmeridian bei einäugigem Sehen ist gegenüber dem zweiäugigen durch die Nase um etwa 30 bis 40 Grad verkürzt.

dagegen ohne weiteres eine Erklärung. Als günstigstes Achsenverhältnis müssen wir 0,73 erwarten, was ich auch für eine Reihe in meinem Besitz befindlicher elliptischer Bildausschnitte und Rähmchen im Mittel fand.

Ein bemerkenswertes Ergebnis erhält man, wenn man unter der wohl erlaubten Annahme, daß für nicht zu große Änderungen der Sehweite die für eine Sehweite von 20 cm aufgenommenen Aubert-Foersterschen Figuren (Fig. 1) sich in demselben Verhältnis ändern wie die Sehweite, ihre Abmessungen im Verhältnis von 5 : 4 vergrößert, so daß sie der natürlichen Sehweite von 25 cm entsprechen, und sie dann so ineinanderzeichnet, wie sie sich bei parallelen Augenachsen überdecken würden. Man erhält dann das in Fig. 2 dargestellte Bild. Zeichnet man hier eine die Ecken möglichst ausgleichende mittlere gemeinsame Umgrenzungslinie für die Felder beider Augen, so erhält man für das Verhältnis der vertikalen zur horizontalen Ausdehnung bei den gestrichelten Linien 0,63 und bei den ausgezogenen 0,59, also im Mittel 0,61. Dies kommt aber dem Verhältnis des goldenen Schnitts von 0,618 sehr nahe.

Dem goldenen Schnitt wurde eine Zeitlang eine überragende Bedeutung in den Teilungsverhältnissen

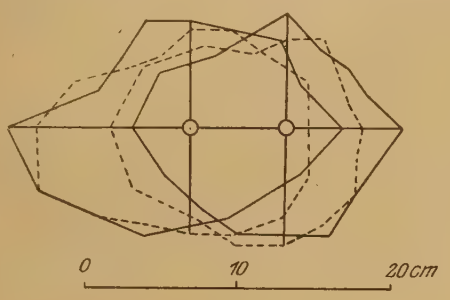


Fig. 2.

von Natur und Kunst zugeschrieben. *Fechner*[1]) zeigte jedoch durch Versuche, daß der goldene Schnitt nur als Seitenverhältnis von Rechtecken zur ästhetischen Geltung kommt, deren Flächen leer sind, bei denen also zu dem Eindruck der Gestalt nicht noch ein anderer Eindruck hinzukommt. Liegen dagegen die zu vergleichenden Größen auf einer geraden Linie oder sind sie anders angeordnet, so ergeben sich andere günstigste Teilungsverhältnisse, die bald mehr, bald weniger vom goldenen Schnitt abweichen. *Witmer*[2]) fand ebenfalls bei der Prüfung zahlreicher figürlicher Anordnungen unter Abänderung der Methoden *Fechners* bei Rechtecken für das günstigste Seitenverhältnis die Annäherung an den goldenen Schnitt am größten. Ein weiteres Maximum der Wohlgefälligkeit fand *Witmer* für Werte des Seitenverhältnisses um 1,030, was dem Rechteck entspricht, welches uns infolge optischer Täuschung als Quadrat erscheint. Die „Kurve der ästhetischen Wohlgefälligkeit", welche *Witmer* für Rechtecke konstruierte[3]), ist in Fig. 3 wiedergegeben. Die Abszissen entsprechen den Seitenverhältnissen, die Ordinaten den relativen Werten der Wohlgefälligkeit. Die Wohlgefälligkeit des als Quadrat empfundenen Rechtecks wurde von den Versuchspersonen auf das Seitenverhältnis zurückgeführt, während sie einen Grund für die Bevorzugung eines bestimmten anderen Rechtecks nicht angeben konnten. Es ist also hier die unmittelbare Wirkung der Form maßgebend. Die Verschiedenheit der Gründe für die ästhetische Wohlgefälligkeit bedingt die isolierte Lage des als Quadrat empfundenen Rechtecks in der Kurve *Witmers*.

Den Versuchsergebnissen *Fechners* und *Witmers* entsprechend zeigen auch rechteckige Gebrauchsgegenstände mit im allgemeinen leeren Flächen wie Schreibpapier, Briefumschläge, Brieftaschen, Ziegelsteine usf. vielfach als Seitenverhältnis den goldenen Schnitt. Bei Bildern, wo der Eindruck der Fläche gegenüber demjenigen des Inhalts zurücktritt, fand *Fechner* dagegen wider Erwarten das oben mitgeteilte Seitenverhältnis von 0,73. Den Schlüssel hierfür liefern uns vielleicht die Figuren 1 und 2: Wenn wir ein Bild ansehen, so fixieren wir in der Regel einen Punkt desselben. Unsere Augenachsen konvergieren — allerdings unter ständigem Schwanken — nach diesem Punkt. Infolgedessen decken sich die beiden Teilfiguren der Fig. 1 und es erscheint uns ein Bildformat am angenehmsten, bei dem das Seitenverhältnis 0,73 ist. Sehen wir dagegen auf ein einfarbiges, zeichnungsloses Rechteck, etwa auf ein Blatt Papier, so finden die Augen keinen

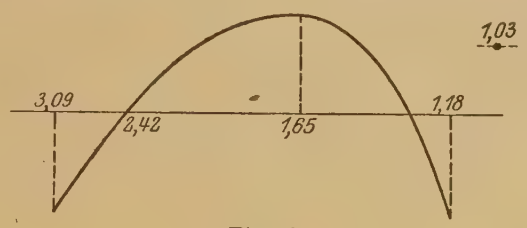


Fig. 3.

Punkt, auf den sich ihre Aufmerksamkeit richten könnte. Dann ist es aber schwer, die Augenachsen konvergieren zu lassen[1]). Sie schwanken stärker gegeneinander und mögen dabei wohl oft in die Ruhestellung (d. h. Akkomodation für die Ferne, also Parallelität der Achsen[2])) gelangen. Dann bekommen wir für normale Sehweite die in Fig. 2 dargestellte Anordnung der Aubert-Foersterschen Umgrenzungslinien. Ihnen entspricht, wie wir sahen, ein Seitenverhältnis von 0,61, was dem goldenen Schnitt nahe kommt. Für kleinere als normale Sehweiten müßte das günstigste Verhältnis wohl kleiner, für größere dagegen größer werden und sich schließlich, wenn die Sehweite gegenüber dem Augenabstand genügend groß geworden ist, dem Werte für konvergierende Augenachsen von 0,73 nähern. Nun hielten sich aber die Versuchsfiguren sowohl von *Fechner* als auch von *Witmer*, soweit ich dies verfolgte, in Grenzen der Größe, welche ihre Betrachtung in normaler Sehweite gestatteten. Auch bei den von *Fechner* aufgeführten Gebrauchsgegenständen ist dies der Fall oder sie verdanken wenigstens ihre Konstruktion einem in nor-

[1]) *Fechner*, a. a. O., I. Teil, S. 192 und *Lightner Witmer*, Zur experimentellen Ästhetik einfacher räumlicher Formverhältnisse, Philosophische Studien, herausgegeben von *Wilhelm Wundt*, *IX*, 1894, S. 96—144 und S. 209—263 (S. 107).

[2]) *Witmer*, a. a. O., S. 236.

[3]) *Witmer*, a. a. O., S. 140.

[1]) Vgl. *H. v. Helmholtz*, Handbuch der physiologischen Optik, 3. Auflage, *III.* Band, herausgegeben von Prof. Dr. *J. v. Kries*, Hamburg und Leipzig 1910, S. 47—49, 360, 408.

[2]) *H. v. Helmholtz*, Handbuch der physiologischen Optik, 3. Auflage, *I. Bd.*, herausgegeben von Prof. Dr. *A. Gullstrand*, Hamburg und Leipzig, 1909, S. 115.

maler Sehweite auf dem Papier ausgeführten Entwurf. Darum bekommen wir hier überall als günstigstes Seitenverhältnis Werte entsprechend dem goldenen Schnitt. Dessen bisher nicht erklärbare Vorzugsstellung für das Seitenverhältnis von leeren Rechtecken wäre somit ebenso wie die Vorzugsstellung des Verhältnisses von 3 : 4 für Breite zu Länge von rechteckigen Bildern auf natürliche Eigenschaften unserer Augen zurückzuführen. Daß es nicht gut möglich sei, die Vorzugsstellung des goldenen Schnitts durch ein übersinnliches Gefühl für die Besonderheit seines mathematischen Teilungsverhältnisses zu erklären, erwähnt auch *Witmer*[1]). Die hier versuchte Erklärung findet ferner darin eine Stütze, daß für das Verhältnis von kleiner zu großer Achse bei leeren ellipsenförmigen Flächen nicht der goldene Schnitt als bestes von *Fechner* und *Witmer*[2]) gefunden wurde, sondern 2 : 3, also ein größerer Wert. Dies dürfte wohl so zu erklären sein, daß bei einer leeren Fläche die geschlossene Kurve der Ellipse als Umgrenzungslinie das Konvergieren der Augenachsen erleichtert, während die ausspringenden Ecken des Rechtecks die Augenachsen gewissermaßen auseinanderziehen. Für die Ellipse als Bildform ergibt sich, wie wir sahen, im Gegensatz hierzu dasselbe günstigste Dimensionsverhältnis wie für das rechteckige Bild.

Volles Licht in diese Verhältnisse zu bringen ist naturgemäß nur eingehenden experimentellen Untersuchungen möglich. Immerhin dürften die vorstehenden Untersuchungen mit ziemlicher Sicherheit schließen lassen, daß der Grund sowohl für die günstige ästhetische Wirkung des goldenen Schnitts als Seitenverhältnis von leeren Rechtecken als auch die ästhetische Vorzugsstellung des Seitenverhältnisses von 0,73 für Breite zu Länge von rechteckigen und elliptischen Bildern in der Natur unserer Augen begründet ist.

Ferner läßt sich folgende allgemeine Einteilung der Bildformen ableiten:

1. *Natürliche Bildformen:* Rechteckiges oder elliptisches Querbild von einem Seiten- bzw. Achsenverhältnis, das nicht zu weit von 0,73 (also rund ¾) abliegt.

2. *Abgeleitete Bildformen:* Rechteckige oder elliptische Steilbilder von den unter 1. gegebenen bzw. durch die Fechnerschen Messungen zu 5 : 4 festgestellten Maßverhältnissen.

3. *Unnatürliche und willkürliche Bildformen:* Zu ihnen sind Quadrate und Kreise zu rechnen sowie Rechtecke und Ellipsen, deren Maßverhältnisse von den unter 1. und 2. gegebenen stärker abweichen.

Zuschriften an die Herausgeber.

Bemerkung zu meiner Notiz „Spezielle Relativitätstheorie und Probleme des Atomkerns".

Infolge längerer Abwesenheit von Wien blieb die Korrektur obiger, am 18. Dezember 1919 verfaßten Notiz (Die Naturwissenschaften *8*, S. 206, 1920) einige Wochen unerledigt, so daß noch vor dem Erscheinen derselben ein Aufsatz von *W. Lenz* erschien (Betrachtungen zu *Rutherfords* Versuchen über die Zerspaltbarkeit des Stickstoffkerns, Die Naturwissenschaften *8*, S. 181, 1920), der sich mit dem gleichen Thema befaßt und von dem der Verfasser erst jetzt Kenntnis erhielt. Abgesehen davon, daß der Verfasser, wie auch aus der genannten Notiz hervorgeht, in seiner ausführlichen Arbeit zu in mancher Hinsicht weiterreichenden Schlüssen gekommen ist, möge hier noch gestattet sein, auf zwei besondere Punkte des Lenzschen Aufsatzes hinzuweisen.

Herr *Lenz* stellt die Hypothese auf, daß es sich bei den von *Rutherford* beobachteten „N-Strahlen" um α-Strahlen größerer Reichweite handeln könne. Dem widerspricht aber eine Angabe *Rutherfords*, nach der die „N-Strahl"- (und „O-Strahl"-) Szintillationen von jenen, die α-Teilchen gleicher Reichweite hervorzubringen vermögen, deutlich unterschieden gewesen sein müssen. Die Rutherfordsche Auffassung, daß es sich bei diesen Strahlen um schnell bewegte N^+-Ionen gehandelt haben soll, steht zudem auch in ihren numerischen Konsequenzen nicht in Widerspruch mit den Tatsachen, während sich über die Reichweite der hypothetischen α-Strahlen von vornherein überhaupt gar nichts aussagen läßt.

Bezüglich der von *Rutherford* offen gelassenen Möglichkeit, daß die bei der N-Kern-Zerlegung auftretenden Strahlen von großer Reichweite anstatt aus einfachen H-Kernen aus Kernen eines H-Isotops vom runden Atomgewicht 2 bestehen könnten, meint Herr *Lenz*, daß für die Bestimmung der Atomgewichtsdezimalen dieses hypothetischen H-Isotops jeder Anhaltspunkt zu fehlen scheine. Wie der Verfasser in einer ebenfalls demnächst erscheinenden Arbeit (Mitt. Ra-Inst. Nr. *129*, Wien. Ber. IIa, *129*. Bd., 1920) anläßlich einer Berechnung der Größe des α-Teilchens gezeigt hat, läßt sich aber für dieses Atomgewicht eine obere Grenze berechnen, welche zur theoretischen Beurteilung der Rutherfordschen Alternative völlig ausreicht.

Wien, den 20. April 1920. *A. Smekal.*

Entgegnung.

Zu dem Aufsatz von *H. Kranichfeld:* „Eine Erneuerung der Darwinschen Zufallstheorie", Die Naturwissenschaften, 1920, S. 397, bemerke ich, daß in demselben mein Gedankengang völlig unrichtig wiedergegeben ist, wodurch sich ein weiteres Eingehen auf *Kranichfelds* Einwände für mich erübrigt. Zum Beweis bitte ich meine Originalarbeit, Die Naturwissenschaften, 1918, S. 585, zu vergleichen.

K. Stern.

Besprechungen.

Kammerer, Paul, Einzeltod, Völkertod, biologische Unsterblichkeit. Wien-Leipzig, Anzengruber-Verlag, Brüder Suschitzky, 1918. VI, 122 S. und 9 Abb. Preis K. 6,—.

Es wurde einem Wissenschaftler früher meistens recht übel genommen, wenn er sich mit Politik befaßte. Galt das schon für Historiker, so noch mehr für Biologen, und bis zum verflossenen Kriege haben wohl wenig Biologen daran gedacht, sich mit politischen Dingen zu befassen. Im Kriege ist das mit einem Schlage anders geworden, und eine stattliche Anzahl Schriften behandeln das, was ich politische Biologie genannt habe. *Kammerers* Buch ist eins davon. Es ist noch vor den Revolutionen in Deutschland und Österreich erschienen und legt deshalb ein glänzendes Zeugnis ab von dem Mute des Verfassers, der sich vor keinem Anstoße fürchtete.

Er vertritt in seinem Buche rein pazifistische Ideen, verfällt aber dabei keineswegs in Phrasentum, sondern ist mit dem Boden naturwissenschaftlich zu erkennender Wirklichkeit fest verwachsen. Durch

[1]) *Witmer*, a. a. O., S. 260—263.
[2]) *Witmer*, a. a. O., S. 113.

das ganze Buch zieht sich immer wieder auftauchend *Kammerers* Lehre von der Pansymbiose, die Lehre von der überall aufzufindenden gegenseitigen Hilfe, der Lehre vom Kampfe *für*, nicht *gegen* das Leben. Und von diesem Standpunkte aus muß *K.* den Krieg verurteilen, muß ihn betrachten als ein Ereignis, das die Menschheit in ihrer Entwicklung um Stufengrade zurückwirft, die sie langsam erst erklommen hat. Er will die Politik und ihre Anhangswissenschaften aufgefaßt wissen als einen Teil der Biologie des Menschen, als einen Teil der Biologie überhaupt. Nur werden wir leider noch viel Zeit gebrauchen, bis sich seine Gedankengänge in die Gehirne seiner Zeitgenossen werden eingegraben haben, bis alte Denkbahnen so ausgeschliffen sein werden, daß neue Gedanken darin ungehindert sich werden bewegen können. Noch sind wir nicht so weit, alle Gesetze des sozialen Geschehens so in ihrem Innersten erkannt zu haben, daß wir sie mit biologischen parallel oder gar homolog setzen können. Aber es tat not, daß einmal der Finger in die schweren Wunden der Zeit auch von einem Biologen gelegt wurde, ohne alle Beschönigung, daß ein Mann der Wissenschaft die Dinge beim richtigen Namen nannte. Dafür müssen wir *K.* dankbar sein.

Der letzte Abschnitt, der dem ganzen Buche den Namen gegeben hat, gibt *K.s* Ansichten über das Todesproblem wieder. Er glaubt nicht an die Unsterblichkeit der Protisten, wie sie jetzt so vielfach behauptet und durch Experimente zu stützen versucht worden ist. Es fällt schon nach meiner Ansicht schwer, an die Unsterblichkeit anorganischer Körper zu glauben, wenn man sich das Beispiel des zerfallenden Radiums vor Augen hält. Wieviel schwerer ist eine Vorstellung von der Unsterblichkeit so hoch zusammengesetzter organischer Verbindungen, wie sie im Tier- und Pflanzenorganismus sich vorfinden. Und deshalb muß ich mich *K.* anschließen. Was im Experiment möglich erscheint, aber auch nur erscheint, ist in der Natur mit ihren ununterbrochen wechselnden Bedingungen wohl nicht zu verwirklichen. Man kann mit *K.* diese Erkenntnis auch weiter auf die Arten verallgemeinern. Schließlich bleibt auch weiter nichts übrig, als diesen Schluß auf Rassen im anthropologischen Sinne zu übertragen und mit *Verworn* zu sagen: „Der Tod ist nur das letzte Endglied der Entwicklung." Diesen aber soweit wie möglich hinauszuschieben, das soll der Endzweck alles menschlichen Schaffens sein, und deshalb erklärt *K.* zum Schlusse seines Buches dem Kriege den Krieg.

H. L. Honigmann, Magdeburg.

Kammerer, Paul, Geschlechtsbestimmung und Geschlechtsverwandlung. Zwei gemeinverständliche Vorträge. Wien, Moritz Perles, 1918. 94 S. und 16 Abbildungen. Preis K. 4,—.

In diesen beiden Vorträgen behandelt *Kammerer* die Tatsachen und die sich daraus ergebenden Folgerungen über Geschlechtsbestimmung und Geschlechtsverwandlung. Beide sind populär gehalten, aber populär im guten Sinne, nicht leicht zu verdauende und deshalb schnell wieder in Vergessenheit geratende Reiselektüre. Sie zwingen den Leser zum Nachdenken über Dinge, die so manches Mal in den Tageszeitungen breitgetreten wurden und so manche Hoffnung erweckt haben, die bei näherem Besehen jäh ihren Nimbus verloren.

K. beleuchtet im ersten Vortrag die statistischen Ergebnisse über Geschlechtsverteilung und legt ihre Widersprüche dar. Er führt aus, daß alle diese Dinge auf Stoffwechselvorgänge im letzten Grunde zurückzuführen sind, die aber nur richtig gewürdigt zu sicheren Folgerungen Veranlassung geben können, sonst aber, wie die beiden Theorien *Schenks*, nur zu Unklarheiten führen. Er gibt genaue Auskunft über stammes- und keimesgeschichtliche Geschlechtsentstehung, wobei er besonders eingehend bei *Hertwigs* Keim-Plasma-Relation verweilt und in der Wellenkurve des Keimeslebens diese Beziehung klar zum Ausdruck bringt. Hierdurch kommt er zu dem wahrlich nicht überraschenden Ergebnis, daß reine Männer oder Weiber sehr selten sind und an Zahl von geschlechtlichen Zwischenstufen weit übertroffen werden. Auch hierfür gibt er eine anschauliche graphische Darstellung. Schließlich kommt er auf die Möglichkeit der Geschlechtsbestimmung beim Menschen zu sprechen und gibt diese unumwunden zu, was ja auch nur eine natürliche Folgerung aus den Experimenten an anderen Tieren und nicht, wie *Lipschütz* [1]) *K.* vorgeworfen hat, eine zu weitgehende Annahme und ein Mangel an Vorsicht ist. Mißverstanden kann *K.* um so mehr kaum werden, als er selbst schreibt: *technische Ausnützung geschlechtsbestimmender Mittel* bedeute *im Menschenstaat eine ernste Gefahr* (S. 49) und: *nicht Bestimmung des Geschlechtes, sondern Gesundung der Geschlechter* sei unsere Losung! (S. 21).

Im zweiten Vortrag geht er besonders ein auf die bekannten Versuche *Steinachs*, die die gewaltige Wirkung der Pubertätsdrüse erwiesen und ihre doppelte Aufgabe zur Förderung der gleichgeschlechtlichen und Hemmung der gegengeschlechtlichen Merkmale aufgezeigt haben. Diese und weitere Experimente beweisen, daß der sich entwickelnde Körper geschlechtlich indifferent ist, also, wie *K.* sagt, potentiell zwittrig". Das ist *nicht*, wie wieder *Lipschütz* (l. c.) behauptet, *identisch mit asexuell*, denn *asexuell* ist etwas, das sich *geschlechtlich überhaupt nicht entwickeln kann.* Jedes befruchtete Ei ist geschlechtlich vorbestimmt, nur hängt es von mancherlei Umständen ab, nach welcher Richtung es sich entwickelt, dann geht eben der Keim aus dem *potentiell zwittrigen* in den *aktuell geschlechtlichen* Zustand über. Unzweckmäßigkeit liegt also in dieser scharfen Trennung keineswegs.

Diese theoretischen Überlegungen führen dann schließlich zu ihrer praktischen Anwendung: zur Heilung Homosexueller, wie sie durch Hodenimplantation von *Lichtenstern* und *Steinach* bei einem Kastraten und einem Homosexuellen mit Erfolg durchgeführt worden sind.

Trotz der populären Darstellung eignet sich das Buch auch für Biologen und Mediziner, denen diese Gebiete ferner liegen, zur gründlichen Einführung, zumal *K.* wie in allen seinen Schriften die grundlegenden Arbeiten nicht nur verarbeitet, sondern auch genau zitiert hat und damit das Studium der Originale wesentlich erleichtert. *H. L. Honigmann, Magdeburg.*

Geiger, H., und W. Makower, Meßmethoden auf dem Gebiete der Radioaktivität. Die Wissenschaft Bd. *65.* Braunschweig, Friedr. Vieweg und Sohn, 1920. IX, 156 S. und 61 Abbild. Preis geh. M. 6,—, geb. M. 10,— + T.

In den ersten Jahren nach der Entdeckung der radioaktiven Substanzen erregte zwar die Neuartigkeit der Erscheinungen starkes allgemeines Interesse, aber im ganzen lag das neu erschlossene Gebiet abseits der allgemeinen Physik, und es bestand kein Bedürfnis, seine speziellen Grundlagen und Arbeitsmethoden außerhalb des engsten Fachkreises zugänglich zu machen. Dies hat sich aber in den letzten Jahren wesentlich geändert. Die Radioaktivität hat in die Entwicklung der modernen Physik, vor allem der Atomtheorie, grundlegend eingegriffen, und in-

[1]) Naturw. Wochenschrift 1919, S. 160.

folgedessen hat sich auch allmählich der Wunsch geltend gemacht, ihre wichtigsten Untersuchungsmethoden in den Übungsstoff des physikalischen und chemischen Praktikums aufzunehmen. An vereinzelten Hochschulen ist dies wohl auch bereits geschehen, aber zu einer planmäßigen allgemeineren Durchführung fehlte es vor allem an einem geeigneten Leitfaden.

Das vorliegende Buch füllt diese Lücke in bester Weise aus. Die beiden Verfasser sind nicht nur durch ihre langjährigen Forschungen auf diesem Gebiet experimentell und theoretisch mit allen Einzelheiten desselben vollkommen vertraut, sondern — und dies ist für den Spezialzweck des Buches noch wichtiger — sie haben auch Gelegenheit gehabt, die Tauglichkeit der von ihnen gewählten Übungsversuche in einem Studentenkursus praktisch zu erproben.

Das Buch umfaßt 9 Kapitel. Die vier ersten Kapitel enthalten die Beschreibung des Quadrantelektrometers und der gebräuchlichsten Elektroskoptypen nebst Hilfsapparaten sowie die Art ihrer Justierung und die dabei zu beobachtenden Vorsichtsmaßregeln, ferner werden die Gesetze der Ionisierung dargelegt und die Methoden zur Bestimmung der Geschwindigkeit und des Verhältnisses der Ladung zur Masse für korpuskulare Strahlen beschrieben. Die folgenden vier Kapitel bringen die charakteristischen Eigenschaften der α-, β- und γ-Strahlen, die Erscheinungen des Rückstoßes und der darauf beruhenden Herstellungsmethoden des aktiven Niederschlages und die Gesetze der radioaktiven Umwandlung. Ein besonderer Abschnitt ist der Methodik der Herstellung und Messung von Standardpräparaten gewidmet. Besonders hervorzuheben sind hier die Angaben über die quantitative Zählung der α-Teilchen nach der Szintillationsmethode.

Das letzte Kapitel bringt die wichtigsten chemischen Trennungsmethoden der einzelnen radioaktiven Substanzen. Eine Reihe sehr wertvoller Tabellen, deren Zahlenwerte sorgfältig dem neuesten Stand der Wissenschaft angepaßt sind, bilden den Schluß des Buches. Ein übersichtliches Sachregister gestattet eine schnelle Orientierung.

Das Buch ist zuerst im Jahre 1912 in englischer Ausgabe erschienen — es war nämlich für ein von *Rutherford* in Manchester eingerichtetes Praktikum ausgearbeitet worden. Die neue deutsche Ausgabe schließt sich, abgesehen von einigen Berichtigungen und der schon erwähnten Aufnahme des neuesten Zahlenmaterials, eng an den englischen Text an. Dadurch sind manche interessante neuere Forschungsergebnisse unberücksichtigt geblieben. Dazu gehören vor allem die schönen, von *H. Geiger* stammenden elektrischen Zählmethoden für die α- und β-Strahlen sowie die Sichtbarmachung der Bahnen der α- und β-Strahlen nach *Wilson*. Vielleicht wäre auch dem Begriff der Isotopie im chemischen Abschnitt ein Wort zu widmen. Wenn das Buch, das nicht nur als Leitfaden für ein radioaktives Praktikum, sondern auch als Hilfsmittel bei wissenschaftlichen Untersuchungen von größtem Wert ist, die Verbreitung findet, die ihm nach Inhalt und Form gebührt, so werden die Verfasser bald Gelegenheit haben, die angedeuteten Ergänzungen in einer neuen Auflage durchzuführen.

L. Meitner, Berlin-Dahlem.

Minerva, Jahrbuch der gelehrten Welt. Begründet von *R. Kukula* und *K. Trübner*. Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger Walter de Gruyter & Co.. 1920. XIX. 1148 S. Preis M. 42.

Ein Jahrbuch, das zum 24. Male erscheint, bedarf keiner Empfehlung mehr, es hat vielmehr jedesmal, wenn es aufs neue erscheint, Anspruch auf neue Begrüßung — um wieviel mehr ein Jahrbuch, das sich seine Lebenskraft auch über den Krieg hinweg bewahrt hat. Fünf lange Jahre ist die Minerva ausgeblieben, schmerzlich vermißt von allen, die auf ihre Angaben angewiesen sind und sich sonst jahraus, jahrein ihrer nie fehlgehenden Auskunft zu erfreuen hatten. Wer zu dem Lehrkörper einer Universität oder einer Technischen Hochschule gehört, zur Verwaltung einer Bibliothek oder eines Botanischen Gartens oder eines Museums — von den Ordinarien bis zu den Privatdozenten, vom Wirklichen Geheimen Rat mit und ohne Exzellenz bis zum simplen Doktor entgeht niemand dem Spürsinn und der Gewissenhaftigkeit des Herausgebers der Minerva, Dr. *Lüdtke*, der seit dem Tode seines getreuen Kollegen *Beugel* die ganze Arbeit allein zu leisten hat. Und diese Arbeit gilt den wissenschaftlichen Instituten der ganzen Welt — wirklich der ganzen Welt: Ob man die Namen der über ein bestimmtes Fach Lesenden an einer bestimmten Universität oder einer Technischen Hochschule sucht, ob man den Namen des Direktors des meteorologischen Instituts der Universität in Utrecht oder den des Direktors der Sternwarte in Kodaikanal zu erfahren wünscht, oder ob man erfahren will, an wen man sich im Botanischen Garten von Peradeniya zu wenden hat, oder wer zum Verwaltungsrat der Nobelstiftung gehört — überall gibt die Minerva die erbetene Auskunft. Sie ist in ihrer Anlage und eben *deswegen* auch bisher in ihrer Verbreitung im wahren Sinne des Wortes international. Daß nicht einmal sie, die nur friedlichen Zwecken dient, von den Folgen des Krieges verschont geblieben ist, muß man als Tatsache hinnehmen — um so gelassener als die Lücken, die das Jahrbuch in diesem Jahre aufweist, sich das nächste Mal, dem 25. Jahrgange, bereits wieder geschlossen haben werden, weil schon jetzt das Material dafür wieder vorliegt. Selbstverständlich aber bereitet (einer Quelle zufolge, die man als authentisch ansehen darf) das feindliche Ausland bereits ein der Minerva ähnliches Jahrbuch vor, und zwar eines, *das die Mittelmächte ausschließt*. Im Interesse des Verlages und des Herausgebers ist es zu wünschen, daß dieser Plan auch Wirklichkeit wird. Nichts würde der Minerva auch in der Zukunft die internationale Verbreitung zuverlässiger sichern.

A. Berliner, Berlin.

Astronomische Mitteilungen.

Neue Untersuchungen über die jährliche Refraktion[1]). Vor einer Reihe von Jahren hat *Courvoisier* auf eine kleine scheinbare Verschiebung der Sternörter aufmerksam gemacht, die eine jährliche Periode besitzt, und deren Betrag vom sphärischen Abstand der Sterne von der Sonne abhängt. Die Erscheinung verläuft annähernd so, als wenn die Sonne von einem sehr dünnen, lichtbrechenden Medium umgeben wäre, dessen Dichte nach der Sonne hin zunimmt. Nach außen müßte es sich bis über die Erdbahn hinaus erstrecken. Dieser Deutung, auf Grund deren *Courvoisier* die Erscheinung „jährliche Refraktion" nannte, stehen gewisse physikalische Schwierigkeiten entgegen — das Medium müßte entweder einen so großen Brechungskoeffizienten, wie er keinem bekannten Gase zukommt, oder eine unmöglich große Dichte haben. Dies ließ nach einer anderen Er-

[1]) Referat eingesandt Anfang März 1920.

klärung suchen. In Betracht kommen instrumentelle, physiologische und tellurisch-atmosphärische Ursachen. Von keiner jedoch läßt sich bisher eine größere Wahrscheinlichkeit behaupten als von der zuerst genannten. *Courvoisier* selbst ging bei seinen Untersuchungen zunächst von der erst genannten Hypothese (der kosmischen Refraktion) aus, in späteren Abhandlungen läßt er die Frage nach der Ursache der Verschiebungen offen. Im Hinblick auf die von der allgemeinen Relativitätstheorie geforderte und bei der letzten totalen Sonnenfinsternis tatsächlich gefundene Ablenkung des Sternlichtes beim nahen Vorübergang an der Sonne, deren Vorzeichen das gleiche ist wie das der Verschiebung der Sternörter infolge der hypothetischen jährlichen Refraktion, gewinnt die Frage der letzteren eine erhöhte Bedeutung.

Courvoisier stellt in A. N. 5014—15 (Juni 1919) die Ergebnisse seiner auf der neuen Sternwarte in Neubabelsberg am Vertikalkreis fortgesetzten Untersuchungen zusammen[1]). Es wurden absolute Deklinationsbestimmungen der beiden hellen, auch am Tage gut zu beobachtenden Sterne α Aurigae und α Orionis ausgeführt, zwischen denen die Sonne hindurch wandert, so daß sie nach entgegengesetzten Seiten verschoben werden, während zugleich die gewöhnliche atmosphärische Refraktion für beide sehr verschieden ist. Zweitens wurden Sterne mit größerem Minimalabstand von der Sonne (bis 60 °) beobachtet, die nahe dem Zenit den Meridian passieren, nämlich α Persei, β und ε Ursae majoris. Ferner wurde β Geminorum versucht, der ebenfalls eine geringe Meridianzenitdistanz hat, und dem die Sonne bis auf 7 ° nahe kommt. Über 60 ° Minimalabstand von der Sonne haben die für andere Zwecke regelmäßig beobachteten, aber hier mitverwendeten Sterne: β Draconis (Zenitstern für Babelsberg) und ein schwacher, sehr polnaher Stern. Für die Beobachtung in nächster Sonnennähe (bis etwa 1 ° kleinstem Abstande vom Sonnenrande) kam nur der Planet Venus in der oberen Konjunktion in Betracht, der außerdem von *Kepinski* am Durchgangsinstrument in Rektaszension beobachtet wurde. Die Ergebnisse dieser Beobachtungen sind kurz folgende:

Es war früher von *Courvoisier* für die Verschiebung infolge der jährlichen Refraktion die empirische Formel gefunden worden: $r = \varrho\,(1-\sqrt{\cos{}^1/_2\,g})$, worin r die beobachtete Verschiebung des Sternortes, ϱ eine Konstante und $180° - g$ der sphärische Abstand des Sternes von der Sonne ist. Für die Verschiebungen in Rektaszension und in Deklination ergibt sich hieraus:

$$\alpha' - \alpha = \varrho\,(\sqrt{\cos{}^1/_2\,g} - 1)\,\sin p_\odot,$$

$$\delta' - \delta = \varrho\,(\sqrt{\cos{}^1/_2\,g} - 1)\,\cos p_\odot,$$

worin $p_\odot$ den Positionswinkel der Sonne in bezug auf den Stern bedeutet. Die Beobachtungen liefern Bedingungsgleichungen, aus denen die Konstante ϱ zu bestimmen ist. Die früheren Untersuchungen hatten im Mittel aus allen Bestimmungen $\varrho = +0{,}54'' \pm 0{,}02''$ ergeben. Daraus würde für die Verschiebung am Sonnenrande ($180° - g = 15'$) $0{,}51''$ folgen. Die neuen Untersuchungen ergaben: aus α Aurigae $\varrho = +0{,}49'' \pm 0{,}14''$, aus α Orionis $+0{,}43'' \pm 0{,}11''$, aus α Persei $+0{,}56'' \pm 0{,}48''$, aus β Geminorum $+\ 0{,}48'' \pm 0{,}16''$, aus β Ursae maj. $+0{,}68'' \pm 0{,}14''$, aus ε Ursae maj. $+0{,}31'' \pm 0{,}64''$, aus Venus 1915 $+1{,}05'' \pm 0{,}73''$, 1917 $+1{,}22'' \pm 0{,}55''$. Aus den Rektaszensionsbeobachtungen der Venus 1917 von *Kepinski* ergab sich $\varrho = +0{,}52'' \pm 0{,}18''$. Aus β Draconis wurde gefunden $\varrho = +0{,}41'' \pm 0{,}12''$, aus dem Polstern $+0{,}45'' \pm 0{,}23''$. Mittelwert aller ϱ $+0{,}50'' \pm 0{,}05''$. Wie schon in den früheren Beobachtungen, so war auch in den neuen Reihen für r in nächster Nähe der Sonne ein erheblich stärkeres Anwachsen angedeutet, als die Formel angibt, so daß also der gefundene Wert von ϱ zu klein sein würde. Es darf aber nicht übersehen werden, daß gerade die Beobachtungen in sehr großer Nähe der Sonne (an Venus) besonders schwierig und unsicher sind *Courvoisier* weist am Schluß seiner Darlegung darauf hin, daß sich in den kleinsten von den Beobachtungen bedeckten Abständen von der Sonne vielleicht der Einsteinsche Effekt bereits geltend mache.

Es scheint aber umgekehrt auch der eingehendsten Prüfung zu bedürfen, ob die Courvoisiersche jährliche Refraktion eine wirkliche Naturerscheinung ist — nicht etwa ein instrumentelles oder physiologisches Phänomen, in welchem Falle die photographischen Aufnahmen der Umgebung der Sonne von diesen Verschiebungen nichts zeigen würden. Wenn es sich aber um eine wirkliche Naturerscheinung handeln sollte[1]), gleichviel welchen Ursprungs, so müßte weiter geprüft werden, inwieweit davon die als Bestätigung des Einsteinschen Gravitationseffektes angesprochenen, bei der letzten totalen Sonnenfinsternis gefundenen Verschiebungen der Sternörter beeinflußt sein können. Die Verschiebungen der Sternörter gemäß der Einsteinschen Theorie betragen am Sonnenrande 1,7″ und haben einen anderen Verlauf mit dem Abstande von der Sonne als *Courvoisiers* jährliche Refraktion, nämlich sie sind umgekehrt proportional dem Abstande vom Sonnenmittelpunkt, fallen daher mit wachsendem Abstande von der Sonne sehr schnell zur Unmerklichkeit ab. Sie betragen beispielsweise im Abstande 0,5 ° vom Sonnenmittelpunkt 0,85″, in 1 ° 0,42″, in 2 ° 0,21″, in 4 ° 0,11″, in 8 ° 0,05″ usw. Die Verschiebungen infolge der jährlichen Refraktion dagegen betragen nach der Formel (mit $\varrho = 0{,}50''$) am Sonnenrande 0,48″, in 0,5 ° Abstand vom Sonnenmittelpunkt 0,47″, in 1 ° 0,45″, in 2 ° 0,43″, in 4 ° 0,41″, in 8 ° 0,37″ usw. Unter normalen Verhältnissen, und wenn es sich nur darum handeln würde, nachzuweisen, welcher von den beiden Effekten wirklich existiert, müßte zwischen denselben durch genaue Messungen die Entscheidung unschwer zu treffen sein. Die gegebenen Verhältnisse machen aber die Aufgabe zu einer äußerst schwierigen, um so mehr, als zunächst auch mit der Möglichkeit gerechnet werden muß, daß die wirkliche Zunahme der Verschiebungen infolge der jährlichen Refraktion in unmittelbarer Nähe der Sonne — die Realität der jährlichen Refraktion immer vorausgesetzt — erheblich schneller erfolgt als nach der Formel, deren Gültigkeit, abgesehen von den unsicheren Messungen an dem Planeten Venus, nur bis etwa 7 ° an die Sonne heran durch Beobachtungen geprüft ist. *Guthnick.*

[1]) Die früheren Untersuchungen finden sich in den verschiedenen Bänden der A. N. und besonders in Nr. 15 der Beobachtungsergebnisse der Kgl. Sternwarte zu Berlin (1913). Über die theoretische Behandlung der Frage vergleiche man *Harzer*, A. N. Bd. 168, S. 261.

[1]) Zur Entscheidung dieser Frage schlägt *Courvoisier* Beobachtungen der Venus in der unteren Konjunktion vor, wo die jährliche Refraktion im Falle eines zirkumsolaren Ursprunges zwar noch positiv, aber praktisch verschwindend klein sein müßte. Die von ihm neuerdings an fremden und eigenen Beobachtungen der Venus in der U. K. angestellten Untersuchungen, die z. T. noch nicht veröffentlicht sind (vgl. A. N. 4979), ergeben im Mittel eine negative Verschiebung. Das Ergebnis ist wenig sicher, scheint aber gegen eine instrumentelle oder physiologische Ursache der jährlichen Refraktion zu sprechen.

Im Astrophysical Journal Bd. *45* und den folgenden bringt *H. Shapley* eine Reihe von Aufsätzen unter dem Titel: **Studies based on the colours and magnitudes in stellar clusters**[1]). Die Sternhaufen, mit wenigen Ausnahmen teleskopische Gebilde, zerfallen in kugelförmige und gewöhnliche Haufen. Erstere zeichnen sich durch eine starke zentrale Verdichtung, regelmäßige Form und sehr hohe Sternzahl aus, während die gewöhnlichen Haufen lockere Gebilde sind, in denen die zentrale Verdichtung fehlt oder nur wenig ausgebildet ist. Es gibt auch Übergänge. *Shapley* nennt die gewöhnlichen Haufen open clusters. Stehen sie uns so nahe, daß ihre Eigenbewegung meßbar ist, dann zeichnen sie sich durch gemeinsame Eigenbewegung aus, wie Plejaden und Praesaepe. Einige dieser moving clusters sind so zerstreut, daß man nur aus der gemeinsamen Eigenbewegung auf ihre Zusammengehörigkeit schließen kann, so die Sternfamilien im Großen Bären, im Taurus und im Perseus u. a. Die gewöhnlichen Sternhaufen finden sich nur in einem schmalen Gürtel um den Milchstraßenäquator. Die kugelförmigen Sternhaufen zeigen auch eine galaktische Konzentration, jedoch in viel geringerem Grade, und fehlen in dem von den offenen Haufen bevorzugten Gürtel völlig. Außerdem zeigen sie eine starke Konzentration nach dem Sternbild des Sagittarius, während sie in der entgegengesetzten Richtung völlig fehlen. *Shapley* ist es gelungen, für die kugelförmigen Sternhaufen individuelle Entfernungen abzuleiten. Er untersucht zunächst Helligkeit und Farbenindizes in einigen Sternhaufen mit großer Sorgfalt. Aus dem Umstande, daß die Farbenindizes sich dort in denselben Grenzen bewegen wie bei den Sternen unserer Umgebung, schließt er auf das Fehlen einer selektiven kosmischen Absorption. Unter der Annahme, daß die hellsten Sterne in diesen Sternhaufen die gleiche absolute Helligkeit haben wie die Sterne in der Umgebung der Sonne, bestimmt er die Parallaxe des Sternhaufens Messier 13 zu 0,″000 03, d. h. etwa 100 000 Lichtjahren. Der Durchmesser des Sternhaufens, von uns unter dem Winkel von 17′ gesehen, beträgt demnach 1100 Lichtjahre.

Eine zweite Möglichkeit der Parallaxenbestimmung bieten die kurzperiodischen Veränderlichen in einigen dieser Sternhaufen. Miß *Leavitt* fand bei mehreren hundert Variablen in der kleinen Magellanschen Wolke einen Zusammenhang zwischen Helligkeit und Periodenlänge. Diese Sterne sind den δ-Cephei-Sternen nahe verwandt, ja wahrscheinlich mit ihnen völlig identisch. *Shapley* leitet für 11 von diesen aus der Eigenbewegung und Radialgeschwindigkeit zunächst mittlere und schließlich individuelle Parallaxen ab. Es ergibt sich auch hier der gleiche Zusammenhang zwischen absoluter Leuchtkraft und Periodenlänge. Unter der Annahme, daß die Veränderlichen in den Sternhaufen von einer bestimmten Periodenlänge dieselbe absolute Leuchtkraft besitzen wie ein δ-Cephei-Stern derselben Periode, bestimmt er die Parallaxe der Sternhaufen. Solange wir über die Ursache der δ-Cephei-Veränderlichkeit nichts Sicheres wissen, ist dies natürlich eine willkürliche Hypothese. Immerhin findet *Shapley* auch hier ganz die gleichen Parallaxenwerte wie aus den hellsten Sternen. Bei den Sternhaufen, deren Parallaxen nach einer dieser Methoden gefunden wurden, ergeben sich ferner die linearen Durchmesser als nahezu gleich, so daß sich bei Sternhaufen, für die noch keine photometrischen Bestimmungen vorliegen, allein aus dem scheinbaren Durchmesser ein Parallaxenwert angeben läßt. Nach den drei Methoden untersucht *Shapley* die räumliche Verteilung von etwa 80 kugelförmigen Sternhaufen, welche Zahl die in unserem System vorhandenen Gebilde dieser Art einigermaßen erschöpfen wird.

Die kugelförmigen Sternhaufen erfüllen einen Raum, der ungefähr ein verlängertes Rotationsellipsoid darstellt, dessen große Achse in der Milchstraße liegt und 200 000 Lichtjahre beträgt. Die Sonne befindet sich nahe dem einen Ende der großen Achse und das Zentrum des Ellipsoids liegt in der Richtung nach dem Sternbild des Sagittarius. Die stark exzentrische Lage der Sonne erklärt das Fehlen der Sternhaufen auf einer Himmelshalbkugel. In einer *ebenen* Platte von etwa 15 000 Lichtjahren Dicke in der Milchstraße fehlen die kugelförmigen Sternhaufen vollständig.

Shapley macht sich nun folgende Vorstellung vom Bau des Universums. Die kugelförmigen Sternhaufen bilden gewissermaßen das Skelett, in das sich die galaktischen Gebilde einordnen. Die von ihnen freie Schicht ist die Milchstraße, ein von Sternen dichterfüllter Raum, dessen Durchmesser ungefähr dem des Ellipsoids gleichzusetzen ist. *Shapley* nennt sie stellar stratum. Die Masse der uns sichtbaren Sterne, die offenen Sternhaufen sowie die Sonne liegen darin. Dieses Stratum ist von den kugelförmigen Sternhaufen umgeben, die, wie der Dopplereffekt zeigt, sich der Milchstraßenebene mit Geschwindigkeiten bis zu mehreren hundert Kilometern nähern. Geraten sie hinein, so werden sie durch die Massenanziehung aufgelöst und bilden die offenen Sternhaufen, oder, wenn sie uns nahe genug stehen, die Sterngruppen mit gemeinsamer Eigenbewegung. Die Sonne befindet sich nicht, wie alle früheren Anschauungen besagten, nahe dem Zentrum des Systems, sondern am Rande der Scheibe, mitten in einem solchen großen, offenen Haufen, der hauptsächlich aus Helium- und Sirius-Sternen besteht (Spektraltypen B und A). Sie selbst gehört dem Haufen nicht organisch an, sondern steht als „Feldstern" dazwischen. Die von *Kapteyn* erkannte Erscheinung der zwei sich durchdringenden Sternströme deutet *Shapley* dahin, daß Strom I der lokale Haufen der Helium-Sirius-Sterne, Strom II das allgemeine galaktische Feld sei. Der örtliche Haufen ist auch abgeplattet und seine „Milchstraße", die um etwa 12° gegen die allgemeine Milchstraße geneigt ist, entspricht dem von *Gould* gefundenen Gürtel der helleren Sterne. Die Wolf-Rayet-Sterne (Spektraltyp O), planetarische, diffuse und dunkle Nebel, die meisten Variablen gehören der allgemeinen Milchstraße an. Die meisten dieser Gebilde zeigen eine deutliche Konzentration nach dem galaktischen Zentrum im Sagittarius. Außerhalb der Milchstraßenschicht liegen die kugelförmigen Sternhaufen und die Spiralnebel. Erstere sind zweifellos in organischem Zusammenhang mit der Milchstraße, bei letzteren ist es sehr fraglich. *Shapley* stellt auch hierüber einige Betrachtungen an, die ihren Zusammenhang mit der Milchstraße plausibel machen wollen. Wir wissen aber noch zu wenig über diese Gebilde, um irgendwie Sicheres aussagen zu können.

Shapley hat neue Wege beschritten und uns eine überraschende Erweiterung des Bildes vom Universum gegeben. Seine Folgerungen sind nicht immer stichhaltig und oftmals unklar, wie er selbst zugibt, vor allem bei der Identifizierung des örtlichen Sternhaufens mit Strom I. Genauere Untersuchungen, die bereits an verschiedenen Stellen begonnen wurden, müssen darüber Klarheit schaffen. *Bottlinger.*

[1]) Auch in Contributions from the Mt. Wilson Solar Observatory erschienen. Bisher 14 Aufsätze.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner,* Berlin W 9
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 27. (Seite 517—540) **2. Juli 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Die Elektrizitätswirtschaft in und nach dem Kriege. Von *G. Siegel, Berlin.* (Mit 1 Abbildung.) S. 517.

Die Dasselfliegen des Rindes und ihre wirtschaftliche Bedeutung. Von *E. Fritsche, Dessau.* S. 523.

Die chemische Theorie der Farbe. Von *J. Eggert, Berlin.* (Mit 4 Abbildungen.) S. 529.

Besprechungen:

Die Entwicklung der Brille. VII. Von *M. v. Rohr, Jena.* S. 533.

R. Groß, Zur Theorie des Wachstums- und Lösungsvorganges kristalliner Materie. *Autoreferat.* S. 534.

Schaefer, Clemens, Die Prinzipe der Dynamik. Von *P. P. Ewald, München.* S. 535.

Nernst, W., und A. Schoenflies, Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften. Von *L. Michaelis, Berlin.* S. 535.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner Zweigverein):

Häufigkeit und Verbreitung großer Tagesmengen des Niederschlages in Norddeutschland. S. 535.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin:

Entwicklung des Kartenbildes von Tibet und Ostturkestan. Eine Reise von China nach Ostturkestan im Kriege. Die Wüste des Isthmus von Suez. S. 536—539.

Astronomische Mitteilungen:

Zur Statistik der δ Cephei-Sterne. Neue spektroskopische Bahnelemente von S Sagittae und SU Cygni. Über die Eigenbewegungen der Fixsterne. Die Ellipsoidhypothese in den Spezialbewegungen der Fixsterne. Eine neue astronomische Zeitschrift. S. 539—540.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik

Zur Einführung in das Verständnis der Relativitäts- und Gravitationstheorie

Von

Moritz Schlick

Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage

Preis M. 8.—

(und Sortimentszuschlag)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 26.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 2.60

Anzeigen werden zum Preise von 1.50 M. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

ISIS

International Quarterly Devoted to the History of Science and Civilization

Edited by

George Sarton and Charles Singer

Jede Nummer enthält einen Leitartikel, Originalbeiträge, kürzere Mitteilungen, einen Ueberblick über die wichtigsten Bücher und hauptsächlich eine kritische Bibliographie der Publikationen auf den Gebieten der Geschichte und Philosophie der Wissenschaft und über Kulturgeschichte.

Bücher und Zeitschriften über Medizin und Biologie sind zu senden an Charles Singer, Westbury Lodge, Oxford, England; alles übrige an George Sarton, Harward University, Cambridge, Mass., U. S. A.

Preise: Bd. I M. 75.—, Bd. II M. 45.—, Bd. III M. 45.—; Luxusausgabe von Bd. II an je M. 75.—

Diejenigen, die an einen neuen Aufbau internationaler kultureller Beziehungen glauben, sollten auf die „Isis" subskribieren.

Verlag **Paul Haupt** Akadem. Buchhandlung **vorm. Max Drechsel** **Bern**

Photo-Apparate

Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang — *Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.* / *Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche* / *Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)* — *Berlin*

Freunde der Himmelskunde

ladet die „Vereinigung v. Freunden d. Astron. u. kosm. Physik" (Vors. Geh. R. Foerster, Bornim-Potsdam) zum Beitritt ein. Näheres und Probehefte der „Himmelswelt" durch (180)

Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin S.W. 68.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Messungen an elektrischen Maschinen

Apparate, Instrumente, Methoden, Schaltungen

Von **Rudolf Krause**

Vierte, gänzlich umgearbeitete Auflage

Von **Georg Jahn,** Ingenieur

Mit 256 Textfiguren und einer Tafel

Gebunden Preis M. 28.— (und Sortimentszuschlag)

Die Naturwissenschaften

1915, 1916

zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 167** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (167

Mineralien, Gesteine, Petrefakten,

Einzelstücke und Sammlungen,

alle naturwissenschaftlichen Lehrmittel

Dr. Paul Michaëlis

Sächs. Mineralien- u. Lehrmittelhandlung

Dresden-Blasewitz 2, Schubertstraße 8

Liste 1919 über Mineralien, Gesteine u. Petrefakten kostenlos.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Die Wasserkräfte

ihr Ausbau und ihre wirtschaftliche Ausnutzung

Ein technisch-wirtschaftliches Lehr- und Handbuch

Von

Dr.-Ing. **Adolf Ludin**

Großherzogl. Bauinspektor

In zwei Bänden

XVI und 1405 Seiten mit 1087 Abbildungen im Text und auf 11 Tafeln sowie ausführlicher Beschreibung von 31 großen Wasserkraftanlagen

Preisgekrönt von der Akademie des Bauwesens in Berlin

Unveränderter Neudruck

Gebunden Preis M. 200.— (und Sortimentszuschlag)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 2. Juli 1920. Heft 27.

Die Elektrizitätswirtschaft Deutschlands in und nach dem Kriege.

Von G. Siegel, Berlin.

Die eingehende Betrachtung der Naturerscheinungen hat uns erkennen gelehrt, daß die zweckvolle und restlose Ausnutzung von Zeit, Kraft und Stoff ihr oberstes Grundgesetz bildet. Es muß das Endziel alles menschlichen Schaffens sein, in seiner Ökonomie der Natur möglichst nahezukommen. Auf diesem Wege ist die Elektrizität eine unentbehrliche Helferin; sie hat uns in dieser Hinsicht in wenigen Jahren weitergebracht als es vordem in Jahrhunderten geschah, und sie vor allem wird auch berufen sein, bei der Heilung der unermeßlichen Schäden, die der Krieg der ganzen Welt verursacht hat, in besonderem Maße mitzuwirken.

Diese kurze Betrachtung mag zur Erkenntnis führen, wie außerordentlich wichtig es ist, sich mit allen Erscheinungen zu beschäftigen, die das Gebiet der Elektrizitätswirtschaft berühren, nicht bloß mit ihren wissenschaftlichen Grundlagen, sondern auch mit den Fragen, die in technischer, wirtschaftlicher und politischer Hinsicht hierbei von Bedeutung sind. Mißgriffe, Vernachlässigungen oder Unterlassungen auch nur in einer dieser Richtungen können das Ziel der Elektrizitätswirtschaft, die Verbesserung der menschlichen Lebensbedingungen, gefährden, zum mindesten seine Erreichung verzögern.

Der Bedarf Deutschlands an künstlicher Beleuchtung und mechanischer Arbeitskraft wurde schon vor dem Kriege zu einem sehr erheblichen Teil in der Form elektrischer Arbeit gedeckt. Rechnet man den Bedarf des Jahres 1913 um, als ob zu seiner vollständigen Befriedigung nur die Elektrizität herangezogen worden wäre, so ergeben sich, ohne die für den Betrieb der Eisenbahnen notwendige Arbeitsleistung in Höhe von etwa 10 Milliarden kWh, etwa 30 Milliarden Kilowattstunden. Hiervon wurden in Form von elektrischer Arbeit tatsächlich verbraucht etwa 3 Milliarden Kilowattstunden, die von öffentlichen Elektrizitätswerken geliefert wurden, und etwa 10 Milliarden Kilowattstunden, die von industriellen Anlagen für den eigenen Gebrauch erzeugt wurden. Man kann also sagen, daß ungefähr $^1/_3$ des gesamten deutschen Bedarfes an Licht und Kraft unmittelbar in Form von elektrischer Arbeit gedeckt wurde.

Die Entwicklung bewegte sich immer mehr in der Richtung der Bedarfsdeckung durch die öffentlichen Elektrizitätswerke. Namentlich bei der Großindustrie gewann die Erkenntnis von den überwiegenden Vorteilen einer zusammengefaßten Krafterzeugung immer mehr an Boden, und die Elektrizitätswerke andererseits wurden durch die Zunahme des Verbrauchs und durch die fortschreitende Verbesserung ihrer Anlagen, durch die Vergrößerung der Einzelleistungen ihrer Maschinensätze in den Stand gesetzt, den Verkaufspreis der elektrischen Arbeit stetig zu verbilligen.

An einschneidende staatliche Eingriffe wurde trotz lebhafter theoretischer Erörterungen nirgends gedacht. Wohl beschäftigten sich die staatlichen und Reichsorgane eingehend mit Elektrizitätsversorgungsfragen, regelten Konzessionsverträge und sicherten sich vielfach Übernahmemöglichkeiten, traten auch dem Ausbau besonders ergiebiger Kraftquellen (Murg-Werk in Baden, Weserwasserkräfte in Preußen, Walchensee in Bayern) näher, überließen jedoch die weitere Sorge um die Ausgestaltung der Elektrizitätsversorgung den bewährten kommunalen und privaten Organisationen; die Frage der Monopolisierung kam über das Stadium akademischer Erörterung nicht hinaus.

Der Krieg und seine Folgeerscheinungen haben in der gesamten Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft in technischer, wirtschaftlicher und politischer Hinsicht tiefgreifende Änderungen hervorgebracht. In *technischer* Hinsicht wurden die Elektrizitätswerke im Laufe des Krieges vor Aufgaben gestellt, deren Erfüllung sich gegenseitig auszuschließen schien. Auf der einen Seite sollten neue Betriebsmittel in bisher unerhörtem Umfang zur Befriedigung der Kriegswirtschaft bereitgestellt werden, auf der anderen Seite aber entzog ihnen dieselbe Kriegswirtschaft Arbeitskräfte und Baustoffe bis zur Grenze des Möglichen. Zwar brachten zunächst die ersten Kriegsjahre infolge der Einberufung der Arbeiter und der selbständigen Handwerker, der Zurückhaltung im Verbrauch entbehrlicher Güter und des bald fühlbar werdenden Rohstoffmangels einen starken Rückgang des Verbrauches an elektrischer Arbeit. Dieser war jedoch von verhältnismäßig kurzer Dauer und wurde in dem Maße ausgeglichen, als sich die Industrie und das Handwerk in den Dienst der Kriegswirtschaft stellten. Sehr bald schlug sogar die Abnahme des Bedarfes in das Gegenteil um und machte einer geradezu stürmischen Nachfrage Platz, als mit der Länge der Kriegsdauer die Anforderungen der Heeresverwaltung an Industrieerzeugnissen jeder Art wuchsen und als namentlich die Industrie an die Durchführung des Hindenburg-Programmes herantrat. Dazu kamen noch einige

andere gewichtige Ursachen. Die Abschnürung der Einfuhr hatte sehr bald den völligen Mangel an Petroleum für Beleuchtungszwecke zur Folge, und da die allmählich steigenden Löhne der Arbeiterbevölkerung und die Erhöhung der Lebensmittelpreise den Kleinbauern, die ohnedies infolge der Leutenot dringend nach der Einführung von Elektrizität rufen, genügend Barmittel in die Hände spielte, setzte eine früher nie gekannte Anschlußbewegung ein, die im Verein mit den Anforderungen der Industrie die deutschen Werke ausnahmslos bis an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit beanspruchte. — Inzwischen waren bei diesen außerordentliche Schwierigkeiten eingetreten, die die Fortführung und Aufrechterhaltung der Betriebe vielfach in Frage stellten. Zunächst hatten die Werke, wie alle anderen industriellen Unternehmungen, unter empfindlichem Personalmangel zu leiden; gerade die besten und kräftigsten Arbeiter mußten ins Feld und die Aufrechterhaltung der Betriebe mit den zurückgebliebenen, vielfach minderwertigen Kräften war eine Aufgabe, die oft nur unter den schwersten persönlichen Opfern der Betriebsleiter gelöst werden konnte. Der Ersatz menschlicher Arbeitskräfte durch mechanische Einrichtungen kam nur vereinzelt in Frage, da bei den Elektrizitätswerken, namentlich bei den größeren, das Mögliche schon vor dem Kriege getan war. Wo dies nicht der Fall war, mußte die Beschaffung solcher Einrichtungen wegen Rohstoffmangels, zum Teil wohl auch wegen zu hoher Kosten, unterbleiben. Erst im Laufe des Krieges haben auch die Militärbehörden — nicht zum wenigsten unter dem Einfluß der neugegründeten Elektrizitätswirtschaftsstelle — die Wichtigkeit der ungestörten Aufrechterhaltung des Betriebes der Elektrizitätswerke eingesehen und sich in der Freigabe von geeignetem Personal geneigter gezeigt, freilich mancherorts erst dann, als durch empfindliche Störungen der Nachweis erbracht war, daß die Durchführung der Betriebe mit ungelernten Hilfskräften unmöglich war.

Zu diesen Personalschwierigkeiten gesellte sich der immer fühlbarer werdende Mangel an den für die Aufrechterhaltung des Elektrizitätswerksbetriebes besonders notwendigen Baustoffen und Ersatzteilen. Gerade die für die Elektrizitätswirtschaft unentbehrlichen Materialien, Kupfer und Isolierstoffe (Gummi), fehlten fast gänzlich; die Werke erhielten nicht nur keine neuen Zufuhren mehr, sondern sie wurden auch gezwungen, in erheblichem Maße die vorhandenen Bestände abzuliefern, namentlich Kupfer mußte in großem Umfang aus fertigen Anlagen ausgebaut werden. Viele Kilometer Leitungsstrecke mußten abmontiert und mit Eisenleitungen neu belegt werden, und dies mit unzureichenden Kräften, unter Vermeidung von Betriebsunterbrechungen. Trotzdem haben die Elektrizitätswerke diese Aufgabe, vor die sie sich im Laufe des Krieges leider wiederholt gestellt sahen, glänzend gelöst. Überhaupt ist dank der unermüdlichen Mitarbeit der Elektrizitätswerke und ihrer Hingebung an ihre Aufgabe die Umstellung auf die Ersatzstoffe im großen und ganzen ohne nennenswerte Störungen gelungen. Unterstützt freilich wurden die Werke hierbei von einer rührigen und findigen Fabrikation, die es verstand, in kürzester Zeit die notwendigen Apparate auf Grund des nur mehr noch zur Verfügung stehenden Ersatzmaterials umzubilden. Dies war nicht nur für die Betriebsanlagen, sondern noch in erhöhtem Maße auch für das Installationsmaterial notwendig. Hier wurden die Kupferleitungen durch Eisen und insbesondere durch Zinkleitungen ersetzt. Als Isoliermaterial diente Regenerat bzw. imprägniertes Papier. An den Schaltern, Sicherungen, Beleuchtungskörpern wurde Messingblech durch Eisen, tragende und zierende Messing- und Eisenkonstruktionen vielfach durch Holz ersetzt.

Innerhalb der elektrischen Maschinen und Transformatoren trat an Stelle des Kupfers anfänglich Zink, das sich jedoch wenig bewährte, später Aluminium. Freilich war auch dieses Material zunächst außerordentlich knapp, doch wurden im Laufe des Krieges riesige Neuanlagen zur Erzeugung von Aluminium geschaffen, die allerdings die Kriegswirtschaft selbst nur mehr in geringem Umfang zugute kamen. Es sind dies in erster Linie die ursprünglich von der Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron und der Metallbank in Frankfurt a. M. in der Nähe der Kohlenfelder der Ilse-Aktiengesellschaft in Lauta i. d. Lausitz, und die von der Firma Giulini und dem Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk an der Erft bei Grevenbroich errichteten Werke, von denen jedes eine Jahreserzeugung von 12 000 t erreichen sollte. Daneben wurden noch einige kleinere Werke in Horrem, Bitterfeld und Rummelsburg (jedes für etwa 3000 t), welch letzteres im Frieden wieder stillgelegt wurde, in Betrieb gesetzt. Projektiert wurde ferner die Errichtung umfangreicher Anlagen am Inn, die jetzt allmählich der Ausführung entgegengeführt werden. Der volle Betrieb dieser Anlagen würde eine Jahreserzeugung von 1,25 Milliarden Kilowattstunden erfordern; infolge noch nicht vollendeten Ausbaues, Kohlenmangels und anderer Ursachen sind zur Zeit etwa 300 000 000 Kilowattstunden, entsprechend einer Leistung von etwa 50 000 Kilowatt, für die Aluminiumerzeugung zu rechnen. — Diese Werke sind für die Elektrizitätswirtschaft nicht nur deshalb von Bedeutung, weil sie ihr das für die Fortleitung so nötige Leitungsmaterial liefern, sondern auch, weil zu seiner Herstellung gewaltige Elektrizitätsanlagen errichtet wurden. Als Beispiel sei das vom Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk bei Brühl errichtete Goldenberg-Kraftwerk (so genannt nach dem im Jahre 1918 verstorbenen verdienstvollen Leiter des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes) angeführt, das freilich nur zum Teil für die Aluminiumerzeugung nutzbar gemacht wird, im übrigen zur Unterstützung der anderen Kraft-

werke des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes dient. Diese Anlage ist ganz besonders bemerkenswert, weil sie *die größten Maschinen- und Transformatoreneinheiten der Welt* enthält, namentlich zwei Dampf-Turbodynamos mit einer Leistung von je 60 000 kVA (75 000 PS) und entsprechende Transformatoren gleicher Größe, welch letztere mit Aluminiumwicklungen ausgerüstet sind. Diese Einheiten, zum größten Teil aus den Werkstätten der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft hervorgegangen, sind hervorragende Beweise für die Leistungsfähigkeit der deutschen Industrie im Kriege.

In noch größerem Maße als für die Aluminiumerzeugung wurde für die Stickstoffgewinnung die Errichtung von Elektrizitätsanlagen notwendig. Hierfür sind während des Krieges neben kleineren Unternehmungen drei gewaltige Anlagen entstanden: das Leuna-Werk der Badischen Anilin- und Soda-Fabrik bei Merseburg, das nach dem Haberschen Verfahren, und die Reichswerke in Biesteritz bei Wittenberg und in Chorzow in Oberschlesien, die nach dem System Frank-Caro arbeiten. Die Leuna-Werke haben sich ein eigenes großes Kraftwerk erbaut. Die beiden anderen Anlagen beziehen die elektrische Arbeit, und zwar Chorzow von dem gleichnamigen Kraftwerk der Oberschlesischen Elektrizitätswerke, die entsprechend erweitert wurden (Jahresbezug zurzeit etwa 150 Millionen kWh, bei einer Höchstleistung von 30 000 kW); Biesteritz arbeitet mit etwa 60 000 kW Leistung, die ihm vom Kraftwerk Zschornewitz der Elektrowerke A.-G. zur Verfügung gestellt werden, die inzwischen in Reichsbesitz übergegangen sind.

Über dieses *größte Kraftwerk der Welt*, das die bedeutendste Leistung der deutschen Elektrotechnik im Kriege darstellt, seien noch einige nähere Angaben beigefügt. Es ist in nächster Nähe großer Braunkohlengruben errichtet, die bereits vor dem Kriege von den Berliner Elektrizitätswerken bzw. der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft mit der Absicht angekauft wurden, sie für die Fernversorgung von Berlin dienstbar zu machen. Die Verhandlungen der Berliner Elektrizitätswerke mit der Stadt zerschlugen sich jedoch, und da inzwischen die Frage der Stickstoffbeschaffung auf elektrischem Wege brennend geworden war, entschied man sich innerhalb kürzester Zeit zur Errichtung eines Kraftwerkes für diesen Zweck. Anfang März 1915 wurde von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft der Bau des Werkes in Angriff genommen, und bereits Ende des Jahres konnte für Stickstoffbereitung eine Leistung von 45 000 kW zur Verfügung gestellt werden. Inzwischen ist das Werk auf 180 000 kVA in 8 Einheiten von je 22 500 kVA ausgebaut. Zur Dampferzeugung dienen 4 Kesselhäuser mit im ganzen 64 Kesseln von je 500 qm Heizfläche; 9 Schornsteine von je 100 m Höhe dienen zur Luftzufuhr der Feuerung und Abführung der Rauchgase, während für die Rückkühlung des Kühlwassers der Kondensatoren 11 Kühltürme von je 38 m Höhe errichtet sind. Die Kohlen werden unmittelbar aus der Grube durch eine 2 km lange Kettenbahn dem Kraftwerk zugeführt und gelangen nach Durchgang durch einen Kohlenbrecher ausschließlich durch selbsttätige Transportanlagen in die Bunker und von hier zu den Kesselfeuerungen. Die Übertragung der elektrischen Arbeit nach dem wenige Kilometer entfernten Biesteritz erfolgt mit einer Spannung von 82 500 Volt, jedoch wird ein großer Teil der Maschinenleistung (demnächst 60 000 Kilowatt) mit einer Spannung von 110 000 Volt nach Berlin übertragen; wenn die Elektrizitätsverbraucher in der Reichshauptstadt nicht in dem Maße von der drückenden Kohlennot betroffen wurden wie die Abnehmer vieler anderer Werke, so verdanken sie es diesen trotz größter Schwierigkeiten im Laufe des Krieges in mustergültiger Weise hergestellten Anlagen. Mit der Fernleitung Zschornewitz—Berlin, Goldenberg-Werk—Erft-Werk und ande-

Kraftwerk Zschornewitz.

ren ist die Übertragungsspannung von 100 000 Volt, die bereits vor dem Kriege zum ersten Male bei der Verbindung der Kraftwerke Lauchhammer—Gröba mit gutem Erfolg zur Anwendung gelangte, in Deutschland heimisch geworden. Mehrere neue Hauptübertragungsstrecken mit dieser Spannung sind in verschiedenen Landesteilen projektiert bzw. bereits im Bau. Hiervon sei besonders der Leitungsstrang des Bayernwerkes erwähnt, das durch eine große Ringleitung das Walchensee-Kraftwerk mit den bedeutendsten bayerischen Kraftwerken und Verbrauchsschwerpunkten verbinden soll.

So schwerwiegend auch die technischen und wirtschaftlichen Nachteile waren, die den Elektrizitätswerken aus dem Mangel an Arbeitskräften und Baustoffen erwuchsen, so waren sie doch geringfügig gegenüber dem im Laufe des Krieges sich einstellenden Brennstoffmangel. Infolge Rückgangs der Kohlenförderung, Zunahme der Kriegsindustrie, Mangels an Beförderungsmöglichkeiten der Kohle, kam es so weit, daß zu Ende des Jahres 1917 zahlreiche Elektrizitätswerke so ungenügend mit Kohle versorgt waren, daß sie nicht nur zu Betriebseinschränkungen schreiten mußten, sondern auch zur zeitweiligen gänzlichen Einstellung gezwungen waren. Es fehlten nicht bloß die erforderlichen Kohlenmengen, sondern auch die Qualität der Kohle war infolge schwindender Sorgfalt der Bergleute, ungenügender Sortier- und Wascheinrichtungen so herabgesunken, daß erhebliche technische Schwierigkeiten entstanden. Werke, die früher mit Nußkohle gearbeitet hatten, mußten sich plötzlich für Kohlenstaub einrichten, andere erhielten statt Steinkohle Braunkohle, abgesehen davon, daß namentlich der Aschegehalt der Kohle ganz gewaltig anstieg. Erst allmählich gelang es durch Umbau der Roste, durch Beschaffung von Sortier- und Brecheinrichtungen, durch verbesserte Luftzufuhr (Unterwindfeuerung) einigermaßen dieser Schwierigkeiten Herr zu werden. Auch wurde nach Einrichtung der Organisation des Reichskohlenkommissars erreicht, daß die Belieferung mit Kohle mit einiger Regelmäßigkeit erfolgte, jedoch nicht, ohne daß die Elektrizitätswerke zu weitgehenden Einschränkungen in der Abgabe elektrischer Arbeit gezwungen waren. Als erste solcher Maßregeln wurde die Sommerzeit eingeführt. Dann wurden allmählich Reklame- und Schaufensterbeleuchtungen ganz untersagt, die Beleuchtungszeit herabgesetzt, die Polizeistunde verkürzt, der Verbrauch in den Wohnungen beschränkt und den Kraftbetrieben je nach ihrer Wichtigkeit für die Kriegs- und Volkswirtschaft nur ein bestimmter Anteil des von ihnen bei vollem Betrieb benötigten Stromes zugestanden. Mit der Überwachung der Rationierung wurden unter der Kontrolle des Reichskohlenkommissars die Kriegsamts-, späterhin die Kohlenwirtschaftsstellen betraut und die Leiter der Elektrizitätswerke zu Vertrauensmännern dieser Amtsstellen ernannt. Neuanschlüsse durften nur bis zu einem gewissen, sehr klein bemessenen Umfang ausgeführt werden; für größere Anschlüsse mußte eine besondere Erlaubnis herbeigeführt werden. In ähnlicher Weise wurden auch die Elektrizitätswerke selbst in der Ausführung und Erweiterung ihrer Anlagen beschränkt; die unbedingte Notwendigkeit jeder Erweiterung mußte nachgewiesen werden, und nicht bloß der Bezug der sogenannten Sparmetalle: Kupfer, Aluminium, Messing usw., sondern selbst die Beschaffung von Eisen für Maschinenteile und Leitungen mußte von der Elektrizitätswirtschaftsstelle geprüft und bewilligt werden. Auf der anderen Seite unternahm es diese Stelle auch, die Elektrizitätswerke hinsichtlich der Beschaffung des notwendigen Personals und Materials zu unterstützen.

Es liegt auf der Hand, daß schon durch die bisher erwähnten Umstände und Maßnahmen die *Wirtschaftlichkeit* der Elektrizitätsversorgung stark beeinflußt worden ist. Personal- und Materialmangel und die behördlich verfügten Einschränkungen verursachten schon während der ersten Kriegsjahre ein dauerndes Ansteigen der Selbstkosten, für das die Elektrizitätsunternehmungen, namentlich die im Privatbesitz, einen Ausgleich nicht finden konnten, da sie in ihren Verkaufspreisen durch langfristige Verträge gebunden waren.

In welchem Maße sich die Erzeugung der Elektrizität im Laufe des Krieges und späterhin verteuert hat, sei an einigen beliebig herausgegriffenen Beispielen nachgewiesen:

Kleines Elektrizitätswerk mit einer Leistungsfähigkeit von 216 kW.

Jahr	Kohlenkosten pro t	Kohlenverbrauch kWh	Kosten Pf./kWh für Kohlen	Löhne u. Verwalt.	Gesamtausgaben
1913	12,30	3,73	4,6	6,96	14,9
1914	12,39	3,85	4,8	6,28	15,8
1915	12,39	3,98	4,9	6,70	16,1
1916	14,80	3,89	5,8	7,74	20,3
1917	21,15	4,16	8,79	7,80	24,09
1918	30,56	4,56	13,95	10,60	35,43
1919	47,—	5,72	26,76	19,70	62,95
März 1914	12,65	4,25	5,4	6,45	15,90
März 1920	109,33	5,28	57,87	32,90	119,71

Mittleres Elektrizitätswerk mit einer Leistungsfähigkeit von 5916 kW.

Jahr	Kohlenkosten pro t	Kohlenverbrauch kWh	Kohlenkosten Pf./kWh	Löhne und Verwaltung kWh	Gesamtausgaben kWh
1914/15	18,61	1,93	3,6	1,79	10,8
1915/16	23,—	1,95	4,3	1,49	10,3
1916/17	26,81	1,83	4,92	1,39	9,88
1917/18	38,95	2,04	7,94	1,84	13,96
1918/19	56,90	1,98	11,27	2,19	18,14
März 1914	18,40	2,—	3,7	2,90	14,6
März 1920	157,48	1,72	27,05	6,07	45,94

Größere Überlandzentrale mit einer Leistungsfähigkeit von 12,000 kW.

Jahr	Kohlenkosten pro t	Kohlenverbrauch kWh	Kohlenkosten kWh	Löhne und Verwaltung kWh	Gesamtausgaben kWh
1913	13,89	1,56	2,18	0,62	3,67
1914	14,17	1,34	1,90	0,64	3,64
1915	14,69	1,48	2,18	0,68	3,84
1916	16,96	1,52	2,57	0,70	4,29
1917	24,09	1,79	4,31	0,61	6,34
1918	38,79	1,86	7,21	0,73	10,12
1919	88,92	1,91	16,96	2,64	26,62
März 1914	14,17	1,36	1,94	0,70	3,68
März 1920	258,06	2,04	52,70	5,60	77,62

Hieraus ist einmal die ungeheure Steigerung der Kohlenpreise ersichtlich, die heute vielfach das 20fache des Friedenspreises beträgt. Auch spiegelt sich deutlich in obigen Zahlen im Kohlenverbrauch pro Kilowattstunde die Verminderung der Qualität der Kohle und die verringerte Geschicklichkeit des Heizerpersonals wieder. — Auch Löhne und Gehälter sind unaufhaltsam gewachsen. — Alle diese Erscheinungen haben ja unser gesamtes Wirtschaftsleben aufs stärkste beeinflußt, so daß sich ein Eingehen hierauf erübrigt. Daß diese Bewegung zum Stillstand kommt, ist leider noch nicht abzusehen. Einstweilen muß infolge der dauernden Kohlenpreis- und Lohnsteigerungen mit ferneren beträchtlichen Verteuerungen gerechnet werden. Zum Vergleich, in welchem Ausmaß dies der Fall sein wird, sind die Ziffern des Monats März dieses Jahres in den Zahlenaufstellungen hinzugefügt; sie enthalten nur die unmittelbaren Erzeugungskosten. Aber auch die sogenannten indirekten Kosten für den Kapitaldienst, namentlich die erforderlichen Rückstellungen für Erneuerungen, sind ungeheuer gewachsen, auch wenn die ursprünglichen Anlagekapitalien die gleichen geblieben sind. Dies rührt davon her, daß jeder infolge Abnutzung zu ersetzende Teil heute ein Vielfaches seines früheren Anschaffungspreises kostet. Die Verhältnisse liegen heute so, daß der Ersatz eines Rostes bei einem Kessel mehr kostet als früher mehrere ganze Kessel, und daß die Beschaffung eines Kessels mehr erfordert als ehemals die Anlage eines vollständigen Kraftwerkes von beträchtlichem Umfang, daß der Preis eines einzigen Schalters höher ist als der frühere einer vollständigen Schaltanlage, der eines Laufrades einer Turbine höher als der einer ganzen Turbine. Haben die Elektrizitätswerke schon im Frieden einen verhältnismäßig geringen Ertrag abgeworfen, so ist ohne weiteres klar, daß der wirtschaftliche Zusammenbruch unabwendbar gewesen wäre, wenn nicht den Elektrizitätswerken die Möglichkeit gegeben worden wäre, die unter ganz anderen Umständen abgeschlossenen Preisvereinbarungen aufzuheben und durch neue zu ersetzen. Die von vielen Abnehmern auf Grund von Verhandlungen freiwillig gewährten Zuschläge reichten in den seltensten Fällen aus, um einen auch nur notdürftigen Ausgleich für die Steigerung der Erzeugungskosten zu bieten. Nach langen Verhandlungen gelang es endlich, die Behörden von der Notwendigkeit einer gesetzlichen Hilfe zu überzeugen, und so erschien denn am 1. Februar 1919 die bereits von der alten Regierung gutgeheißene „Verordnung über die schiedsgerichtliche Erhöhung von Preisen bei der Lieferung von elektrischer Arbeit, Gas und Leitungswasser", durch die den Elektrizitätswerken die Möglichkeit gegeben wurde, auf dem Wege schiedsgerichtlicher Verhandlung ihre Strompreise den gestiegenen Selbstkosten anzupassen. Dies geschieht meist durch sogenannte Teuerungs- und Kohlenklauseln, auf Grund deren der Strompreis von den jeweiligen Kohlenpreisen abhängig gemacht wird, dergestalt, daß er sich mit jeder Veränderung des Kohlenpreises um einen gewissen Betrag erhöht oder erniedrigt.

So tiefgreifend auch der Krieg und seine Folgeerscheinungen in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht auf die Elektrizitätswirtschaft eingewirkt haben, so handelt es sich hierbei doch zum Teil nur um vorübergehende Beeinflussung, zum Teil um erhebliche und begrüßenswerte Fortschritte; namentlich der Zwang zum Ersatz teurer ausländischer Rohstoffe, zur besseren Ausnutzung von Bau- und Betriebsstoffen, zu der damit verbundenen Einführung großer Maschineneinheiten und höchster Übertragungsspannungen bedeutet einen dauernden Gewinn für die deutsche Technik und Volkswirtschaft. Dagegen können die Änderungen in politischer Hinsicht, die die letzten Jahre der Elektrizitätswirtschaft gebracht haben, nicht in gleich günstiger Weise beurteilt werden, weder hinsichtlich ihrer Dauer, noch hinsichtlich ihrer Tragweite. Es ist bereits einleitend darauf hingewiesen worden, daß vor dem Kriege die Staatsgewalt trotz eingehender Beschäftigung mit Elektrizitätsversorgungsfragen, von wenig Ausnahmen abgesehen, keinen Anlaß fand, etwa einer Verstaatlichung des Elektrizitätswesens näherzutreten. Auch der Krieg hat diesen Standpunkt im großen und ganzen nicht geändert, obwohl von den Behörden wohl erkannt wurde, daß der Elektrizitätsversorgung nach dem Kriege sowohl in wirtschaftlicher als auch in sozialer Hinsicht eine besondere Wichtigkeit zukommen werde. Aber andererseits war man auch der Meinung, daß man den Wagemut und die Erfahrungen der Kreise, die bisher Träger der Elektrizitätswirtschaft gewesen waren, und deren Geschäftsgebarung, von wenig Ausnahmefällen abgesehen, durchaus einwandfrei, zweckentsprechend und erfolgreich gewesen war, nach Beendigung des Krieges erst recht benötigen werde. Noch im Sommer 1918, auf der Jubiläumstagung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, hat der da-

malige Handelsminister *Sydow* erklärt, daß in Preußen ein staatliches Monopol nicht in Frage käme. Auch die anderen deutschen Staaten machten nach zahlreichen Erörterungen, die auf tiefergreifende Maßregeln hinzielten, keine Anstalten, von dem bereits eingeschlagenen Wege, der lediglich Überwachung, Regelung und notwendigenfalls Ergänzung der Elektrizitätsversorgung zum Ziele hatte, abzuweichen. Selbst das Problem der „Elektrizitätsgroßwirtschaft", d. h., Erbauung von Großkraftwerken an den Energiequellen selbst und Verbindung derselben durch zwischenstaatliche Leitungen von seiten des Reiches bzw. der Staaten, fand keine einheitliche Bearbeitung. Nur einzelne Staaten betätigten sich rege in dieser Richtung, so Baden durch Erbauung des Murgwerkes, Bayern durch Ausbau der Walchenseekräfte und Verfolgung der von Millerschen Pläne, die auf Errichtung des „Bayernwerkes" hinzielten, eines Unternehmens, das, wie oben schon kurz erwähnt, durch eine sich durch das ganze rechtsrheinische Bayern hinziehende Ringleitung von 100,000 Volt die Kräfte des Walchensees und andere Wasserkräfte im ganzen Lande verteilen und durch Verbindung mit anderen Kraftwerken einen möglichst wirtschaftlichen Ausgleich der vorhandenen Energiequellen herstellen sollte. — Nur der sächsische Staat ging hinsichtlich der staatlichen Beteiligung an der Elektrizitätsversorgung noch weiter und begann durch Ankauf eines großen privaten Elektrizitätsunternehmens, der Elektrizitätswerke Oberlausitz mit dem modernen Braunkohlenkraftwerk Hirschfelde, eine Politik, die dahin zielte, die gesamte Elektrizitätswirtschaft in die Hände des Staates überzuführen. Sachsen hat dann auch noch während des Krieges diese Politik zielbewußt weiter verfolgt und andere große private und gemischtwirtschaftliche Unternehmungen (Elektra A.-G., Dresden, Elbtalzentrale A.-G., Pirna, Landkraftwerke Leipzig), sei es durch Ankauf, sei es durch überwiegende Aktienbeteiligung unter seine Führung gebracht.

Diese auf Überführung der gesamten Elektrizitätswirtschaft in die Hände der öffentlichen Gewalten, insbesondere des Staates hinzielende Bewegung hat nun durch die Revolution einen neuen mächtigen Anstoß erhalten. Weiten Kreisen des Volkes und vielen Rufern im Streit, denen leider, wie auf so vielen anderen Gebieten, so auch hier jegliche Sachkenntnis fehlte, erschien es selbstverständlich, daß die Elektrizitätswirtschaft in erster Linie der volksbeglückenden „Sozialisierung" zugeführt werden müsse. Nur über den hierbei einzuschlagenden Weg war man sich zunächst nicht klar. Zuerst dachte man — Ära *Wissell* — an einen bezirksweisen Zusammenschluß zu Selbstverwaltungskörpern, an denen nicht bloß die bisherigen Unternehmer, sondern auch das Reich, die Arbeitnehmer und die Verbraucher maßgeblich vertreten sein sollten. Dieser Plan, dem die beteiligten Kreise Verständnis und sogar wohlwollendes Interesse entgegenbrachten, wurde jedoch von der Reichsregierung bald fallen gelassen und an seine Stelle trat Mitte vorigen Jahres ein von dem Reichsschatzamt ausgearbeiteter Entwurf eines „Gesetzes betreffend die Sozialisierung der Elektrizitätswirtschaft". Hierdurch sollte dem Reich die Befugnis verliehen werden, im Privatbesitz befindliche Kraftwerke mit einer Leistung von 5000 kW ab, sowie Fernleitungen mit einer Spannung von 50,000 Volt aufwärts zu den Gestehungskosten abzüglich angemessener Abschreibungen zu erwerben, Heimfallrechte öffentlicher Körperschaften abzulösen, Pacht- und Betriebsverträge aufzuheben, Beteiligungen Privater an gemischtwirtschaftlichen Unternehmungen an sich zu bringen u. a. m. Der Reichsregierung sollte zur beratenden Mitwirkung ein Beirat zur Seite gestellt werden; weiter sollte bis zum 1. Oktober 1920 ein Gesetz einzubringen sein über Einführung einer Genehmigungspflicht für elektrische Anlagen, zwangsweisen Zusammenschluß von Elektrizitätsunternehmungen und Enteignungsrecht. Trotz des schärfsten Widerspruchs aller Fachkreise, die man bei der Aufstellung des Entwurfes überhaupt nicht gehört hatte, gelangte das Gesetz in die Nationalversammlung und von dort zunächst zur Ausschußberatung. Auch dieser Ausschuß ließ sich nicht auf mündliche Erörterungen mit den beteiligten Fachkreisen ein, beschränkte sich vielmehr auf Einholung einiger schriftlicher Gutachten mit genau formulierten, das Wesen des Gesetzes gar nicht betreffenden Fragen, fügte schließlich noch ein Übernahmerecht der Gemeinden und Gemeindeverbände für die Verteilungsanlagen ein, stellte die Verpflichtung zu einem bezirksweisen Zwangszusammenschluß der Elektrizitätsunternehmungen an den Anfang und legte nach einigen weiteren Änderungen geringerer Wichtigkeit das Gesetz in dieser Fassung der Nationalversammlung vor, die es auch Ende Dezember in zweiter und dritter Lesung fast ohne jeden Einspruch annahm.

Aus diesem Werdegang geht hervor, daß dieses Gesetz trotz seiner hervorragenden wirtschaftlichen Bedeutung rein politischen Erwägungen entsprungen ist; es sollte der radikalen Stimmung im Lande, dem Ruf nach Sozialisierung, ein Opfer gebracht werden, und hierin wollte man sich auch durch sachverständige Beratung nicht irre machen lassen.

Verhängnisvoll drohen die Bestimmungen des Gesetzes über die Ausschaltung des privaten Unternehmertums zu werden. Gerade auf dem Gebiete der Elektrizitätsversorgung hat der Privatunternehmer bewiesen, daß er imstande ist, unter voller Wahrung der Interessen der Allgemeinheit seine Betriebe selbst durch die schweren Zeiten des Krieges und des Umsturzes

hindurchzuführen, ganz abgesehen davon, daß gerade er auf diesem Gebiete unter schwersten Opfern wertvollste Pionierarbeit geleistet hat, zu einer Zeit, da öffentliche Körperschaften der Elektrizitätsversorgung nicht nur kein Interesse, sondern sogar Widerstände entgegensetzten. Wie schlecht sich dagegen staatliche Unternehmungen, namentlich in wirtschaftlicher Hinsicht, zurzeit bewähren, dafür geben doch die Eisenbahnen ein geradezu abschreckendes Beispiel.

Aber nicht nur, daß man unentbehrliche Mitarbeiter durch das Gesetz zur Seite schieben will, man will sie auch auf die ungerechteste und schnödeste Weise abfinden. Angesichts des ungeheuer gesunkenen Geldwertes stellt die vorgesehene Entschädigung für die Übernahme privater Unternehmungen (Gestehungskosten abzüglich angemessener Abschreibungen) nicht nur eine glatte Beraubung der Betroffenen, sondern auch eine eminente Schädigung der gesamten Volkswirtschaft dar, da die bisherigen Unternehmer mit den Entschädigungssummen nur einen kleinen Bruchteil der bisherigen wirtschaftlichen Arbeit leisten können. Noch ist zwar die Möglichkeit, daß sich das Reich in der Übernahme der Unternehmungen beschränkt, und daß die zu erwartenden Ausführungsbestimmungen noch manche Härte mildern, manche Ungerechtigkeit ausmerzen werden. Doch ist bei der Stimmung der Volksmassen, die immer noch von der Sozialisierung alles Heil erwarten, eine wesentliche Änderung nicht mehr zu erhoffen. Selbstverständlich lähmt diese Ungewißheit im Verein mit der ungeheuren Teurung der Baustoffe jede neue private Betätigung in der Elektrizitätsversorgung, was um so mehr zu beklagen ist, als jede weitere Ausbreitung der Elektrizitätsversorgung eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen, Erhöhung der Produktionsmöglichkeiten, Ersparnis an Betriebsstoffen, namentlich an Kohlen, bedeutet. Es wäre dringend zu wünschen, daß diese vom Gesetz aufgerichteten Schranken wieder fallen, damit die Elektrizitätsversorgung sich ungestört entwickeln, den Wiederaufbau Deutschlands fördern und ihre wirtschaftlichen und kulturellen Aufgaben erfüllen kann.

Die Dasselfliegen des Rindes und ihre wirtschaftliche Bedeutung.

Von E. Fritsche, Dessau.

Unter den sich parasitisch entwickelnden Fliegenarten beanspruchen die sogenannten „Dasselfliegen weitgehendes Interesse wegen ihrer hohen wirtschaftlichen Bedeutung. Sie verursachen die sogenannte „Dasselplage" der Rinder. Man versteht hierunter die Schädigungen, die die Larven der Dasselfliegen (Hypoderma bovis de Geer und Hypoderma lineatum Villers) am Rindvieh hervorrufen. Die Dasselplage ist daran kenntlich, daß im Frühjahr auf dem Rücken der Rinder oft in großer Anzahl wallnußgroße Hauterhebungen, die „Dasselbeulen", entstehen. In diesen Beulen unter der Haut sitzen die Dasselarven, auch „Engerlinge" genannt. Jede reife Beule zeigt eine Öffnung, unter der das Hinterende der 2 bis 2,7 cm langen Larve zu erkennen ist. Die Dasselplage tritt nur dort auf, wo Weidebetrieb herrscht. Wo das Rindvieh im Stalle gehalten wird, ist die Plage unbekannt. Davon hängt auch ihre geographische Verbreitung ab.

Die erste größere, zusammenfassendere Arbeit über die Biologie der Dasselfliege und über die Bekämpfung der Dasselplage verdanken wir *Stroese*[1]). In richtiger Erkenntnis des volkswirtschaftlichen Wertes der Dasselplage wurde im Jahre 1910 der „Ausschuß zur Bekämpfung der Dasselplage", mit dem Sitze Berlin, gegründet. Dieser Ausschuß machte es sich zur Aufgabe, im Einvernehmen mit dem Kaiserlichen Gesundheitsamt in Berlin die weitere Erforschung der Dasselplage nach Kräften zu fördern. Die Untersuchungen wurden jeweils fortlaufend in den „Mitteilungen des Ausschusses zur Bekämpfung der Dasselplage" veröffentlicht[2]), von denen bis jetzt Hefte 1—7 vorliegen. Die Untersuchungen erstreckten sich in der Hauptsache auf drei Gebiete:

1. Klarstellung der Biologie der Dasselfliegen,
2. Feststellung der durch die Dasselarven verursachten Schäden,
3. Aufsuchen geeigneter Bekämpfungsmittel und -methoden.

Während wir vor der Gründung des Ausschusses über diese Punkte noch höchst mangelhaft unterrichtet waren, haben wir jetzt durch die in den Mitteilungen erschienenen Arbeiten ein klareres Bild über die Dasselplage in allen ihren Einzelheiten erhalten. Besonders mit der Biologie der Dasselfliegen sind wir durch die ausgezeichneten Untersuchungen von *Gläser* genauer bekannt gemacht worden. Schon durch *Brauer*[3]) wissen wir, daß die Larven die Haut des Rindes durch die gebohrten Öffnungen verlassen, zu Boden fallen und sich dort verpuppen. Die Fliegen schwärmen dann in den Monaten Juni und Juli, besonders an heißen, schwülen Tagen um die Mittagszeit. Zur Klarstellung der Biologie war es nun unbedingt notwendig, in den Besitz von lebenden Fliegen zu gelangen. Wer sich aber

[1]) Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt, Bd. 34, Heft 1, 1910.

[2]) *R. Krause:* Dasselschäden und Abdasselung, Nr. 1, 1912.
H. Gläser: Über Dasselfliegen, Nr. 2, 3, 4, 5, 1912, 1913.
Dr. *Schöttler:* Über Abdasseln, Nr. 3, 1913.
Dr. *Schöttler* u. *H. Gläser:* Der Abdasselversuch im Kreise Neuhaus a. Oste, Nr. 6, 1914.
Dr. *Peter:* Versuche mit Hypodermenlarven, Nr. 3, 1912.
E. Fritsche: Untersuchungen über die Behandlung der Dasselplage und über die Biologie der Dasselfliege im Jahre 1914. Nr. 7, 1919.

[3]) Monographie der Östriden, Wien 1863.

einmal mit dem Fangen dieser Fliegen beschäftigt hat, weiß, wie unendlich schwer es ist, ihrer im Freien habhaft zu werden. Aussichtslos ist es, die Puppen auf dem Boden suchen zu wollen. Versuche, Fliegen aus Larven zu züchten, die aus den Beulen ausgedrückt wurden, mißlangen fast stets. Ausgedrückte Larven, auch wenn sie ganz reif erscheinen, gehen in der Regel zugrunde. Erhält man dagegen eine Larve, die selbsttätig die Beule verläßt, so kann man sicher sein, eine Fliege aus der entstehenden Puppe zu erhalten, wenn man ihr die natürlichen Bedingungen des Bodens gibt. Um in den Besitz derartiger, die Beulen selbständig verlassender Larven zu gelangen, stellte *Gläser* im Jahre 1912 10 und im folgenden Jahre 12 mit Dassellarven behaftete Rinder in einem Stalle ein, so daß die Tiere unter ständige Kontrolle, besonders in den Morgenstunden, gehalten werden konnten.

Hierbei gelang es zunächst, das Auswandern der Larven aus den Dasselbeulen nach erlangter Reife zu beobachten. Schon einige Tage vor dem Auskriechen zeigen die Larven eine lebhafte Tätigkeit, sie zwängen sich von Zeit zu Zeit mit den letzten Abschnitten ihres Körpers aus dem Loche heraus und weiten so allmählich die Öffnung der Beule aus. Dabei fließt meist ein dünnflüssiges Sekret heraus, das durch Beimischung von Luft vielfach ein speichelartiges Aussehen zeigt. Kurz vor dem Auskriechen hören die Bewegungen auf und dann tritt die Larve mit einem plötzlichen Ruck aus der Beule heraus und schiebt sich unter lebhaften Kontraktionen Glied um Glied aus dem Loche hervor. Der ganze Vorgang dauert höchstens 1 Minute, in seltenen Fällen länger. Zumeist kann man hierbei eine Erschütterung der Haut des Rindes wahrnehmen, wahrscheinlich durch den Juckreiz hervorgerufen, wodurch die Larve bisweilen im hohen Bogen zur Erde befördert wird. Interessant sind nun die Tageszeiten, zu denen die Larven ihre Wirtstiere verlassen. Die größte Zahl der Larven wandert nämlich in den frühesten Morgenstunden aus, etwa von 5 bis 7 Uhr, je nach Beginn der Fütterung. Etwa ½ bis ¾ Stunde, nachdem die Tiere sich erhoben hatten, erschien bei den Gläserschen Versuchstieren die erste Larve. Merkwürdig ist hierbei die Pünktlichkeit, die die Larven einhielten. In den späteren Morgenstunden flaut dann das Abwandern ab, in den übrigen Tagesstunden verlassen nur einzelne Larven einmal ihr Wirtstier. *Gläser* glaubt für den Anlaß dieser geregelten Abwanderung die Veränderungen der Spannungsverhältnisse in der Haut, die nach dem Aufstehen der Rinder eintreten, verantwortlich machen zu können.

Diese Angaben *Gläsers* wurden durch die Versuche des Verfassers im Jahre 1914 bestätigt. Leider standen dem Verfasser zum bequemen Sammeln der reifen Larven keine Rinder zur Verfügung. Das Sammeln ganz reifer Larven wurde aber dadurch ermöglicht, daß bei einem Hofbesitzer in Oberndorf a. d. Oste sechs sehr stark mit Dasselbeulen besetzte Jungrinder, die sich in unmittelbarer Nähe des Gehöftes auf einer kleinen, umzäunten Weide befanden, jeden Morgen von etwa 4 Uhr bis 8 Uhr an einem trocknen, sauberen Platz angebunden wurden. Hier wurden die Rinder jeden Morgen beobachtet und so wurden innerhalb von 21 Tagen (vom 23. Mai bis 13. Juni) etwa 100 reife, selbständig aus den Beulen herauskommende Larven gesammelt. Weitaus die meisten Larven schlüpften ebenfalls in den frühen Morgenstunden aus. Nach dem Auswandern der Larven fließt ein dünnflüssiges, vielfach auch eitriges Sekret aus der Beule, wodurch die betreffenden Stellen am Rinde leicht kenntlich sind. Nach 4—5 Tagen ist die Beulenöffnung meist geschlossen, worauf allmählich Verheilung des Loches eintritt, oft erst nach Monaten. Von Wichtigkeit ist, daß das Abwandern der Larven in der Regel im Stehen und in der Bewegung stattfindet, wodurch das Verschleppen der Larven und damit die Schwierigkeit des Auffindens der Puppen eine Erklärung findet.

Die Abwanderung der Larven beginnt Anfang Mai, steigert sich dann bis zur Hauptabwanderung von Mitte bis Anfang Juni, klingt dann im Juni ab, vereinzelte Larven folgen dann auch noch im Anfang Juli. Von den beiden Arten der Fliegen ist die Hypoderma bovis, die große Dasselfliege, die häufigere. Das Verhältnis zwischen Hypoderma bovis und Hypoderma lineatum ist nach *Gläsers* Bestimmungen der Larven in Norddeutschland etwa 3 : 1, jedoch ist dieses Verhältnis abhängig von den jeweiligen Schwankungen der Witterung, die die Entwicklung der beiden Fliegenarten verschieden begünstigen oder schädigen.

Sehr häufig werden beide Larvenarten — die Larve von Hypoderma lineatum kenntlich an der *grau*braunen Farbe im reifen Zustand, die der Hypoderma bovis an der *grünlich*braunen — auf ein- und demselben Rinde gefunden. Nach *Gläser* erlangen die Larven der kleinen Dasselfliege ihre Reife im allgemeinen früher als die der großen, Hypoderma bovis.

Die auf den Boden gelangenden Larven gehen verhältnismäßig schnell, etwa in 24 Stunden, in den Puppenzustand über, an kalten und nassen Tagen jedoch dauert der Übergang 3—4 Tage. Die feste, erhärtende Puppenhülle wird infolge einer letzten Häutung der Larve gebildet. Die Verpuppung geht teils auf der Oberfläche des Erdbodens vor sich, teils ganz dicht unter dieser. Bei den Züchtungsversuchen wurden die Larven, mit entsprechenden Daten versehen, in Blumentöpfe auf Erdreich gebracht, mit einem Deckel aus Drahtgaze versehen und unter möglichst natürlichen Bedingungen ihrer Entwicklung überlassen. Die Dauer der Puppenruhe wurde früher zu etwa 30 Tagen angenommen. *Gläser* erhielt als mittlere Dauer der Puppenruhe für

Hypoderma lineatum 30 Tage,
Hypoderma bovis 45 Tage.

Im Durchschnitt braucht die große Dasselfliege also 14 Tage länger zur Entwicklung als die kleine (Grenzwerte bei Hypoderma lineatum 33 bis 38 Tage, bei Hypoderma bovis 37—56 Tage). Verfasser erhielt als Durchschnitt für Hypoderma bovis 42 Tage. Die Dauer der Puppenruhe ist im übrigen in hohem Maße abhängig von der Witterung. Z. B. erschienen bei den Versuchen des Verfassers die Fliegen aus den Puppen, sobald nach etwa 7 Wochen größtenteils kalten und nassen Wetters mit vielen Niederschlägen (23. Mai bis 8. Juli) warme, sonnige und schwüle Tage folgten. An diesen Tagen, vom 10. bis 15. Juli, schlüpften 22 Fliegen aus.

Nach einem heftigen Gewitter trat am 16. Juli starke Abkühlung ein, die längere Zeit anhielt. Von diesem Tage an schlüpften keine Fliegen mehr aus. Die schädigende Einwirkung des kühlen Regenwetters zeigt sich darin, daß 76% der Larven im Puppenzustand zugrunde gegangen waren. Dieses gedrängte, vom Wetter abhängige Ausschlüpfen der Fliegen, wie es auch *Gläser* bei seinen Versuchen beobachtete, erklärt also zwanglos das plötzliche Auftreten und Verschwinden der Dasselfliegen im Freien an den warmen, schwülen Sommertagen, wie es schon *Brauer* angibt. Die Fliegen warten also in der Puppe die für das Schwärmen geeigneten Tage ab und treten dann scharenweise auf, wodurch das Auffinden der Artgenossen zum Zwecke der Begattung natürlich erleichtert wird (*Gläser*). Die Hauptschwärmzeit für Hyderma lineatum fällt in den Juni, die von Hypoderma bovis in den Juli.

Das Ausschlüpfen der Fliegen erfolgt ebenfalls wie das Abwandern der Larven in den frühen Morgenstunden, wenn die Strahlen der aufgehenden Sonne eben ihre Wärme geltend machen. An einem klaren Morgen erschienen die Fliegen kurz vor und kurz nach 6 Uhr. Die Fliege sprengt mit Hilfe ihrer großen „Stirnblase" die Puppenhülle ab, ein Vorgang, der etwa 20 Minuten dauert, und kriecht unter lebhaften Beinbewegungen aus ihrer Hülle heraus, noch naß und unbeholfen, um sich nach weiteren 20 Minuten zum fertigen Imago zu entfalten. Die Lebensdauer der Fliegen ist eine kurze — schon die verkümmerten Mundwerkzeuge weisen darauf hin. Sie leben 3 bis 10 oder 11 Tage, selten einmal länger.

Die ausgeschlüpften Fliegen wurden nun in einen würfelförmigen Käfig von 40 cm Seitenlänge gebracht, in dem sie sehr bald zur Begattung schritten. Die Weibchen verhielten sich im Käfig im allgemeinen ruhiger als die lebhaft herumfliegenden Männchen. Die Kopulation dauert in der Regel nur wenige Minuten, dabei zieht das Männchen das letzte Glied der Legeröhre des Weibchens in sein eigenes Hinterteil hinein, wie schon *Gläser* festgestellt hat. Die weiblichen Fliegen wurden nun nach der Befruchtung isoliert und später in einen großen, mit Drahtgaze überzogenen Versuchskäfig gebracht, in dessen Mitte sich ein Versuchskalb angebunden befand. In diesem Käfig ließ sich das Verhalten des befruchteten Weibchens und die Eiablage genau beobachten. Die Weibchen sind zunächst nach der Befruchtung viel lebhafter und fliegen unter *lautem Summen* umher. Die Weibchen beider Fliegenarten richten ihre Angriffe in der Hauptsache nach den Beinen, vorwiegend nach den Hinterbeinen, um hier ihre Eier abzulegen. *Gläser* gibt besonders die Gegend der hinteren Schienbeine an, wenig unterhalb der Sprunggelenke.

Das Versuchskalb, das *Gläser* bei seinen Versuchen benutzte, zeigte nun bei dem Heranschwärmen der Fliegen, namentlich der großen Dasselfliege mit ihrem viel lauteren Brummen, alle Anzeichen von sinnloser Angst und Wildheit, die man bei dem sogenannten „Biesen" der Rinder auf der Weide beobachtet. *Gläser* meint, daß das Biesen der Rinder tatsächlich während der Monate Juni und Juli überwiegend von den Dasselfliegen verursacht wird, wie es auch von manchen anderen, neueren Autoren angenommen wird. Das Versuchskalb des Verfassers dagegen, ein etwa 10 Wochen altes, schwarzbuntes Kuhkalb, verhielt sich während der Eiablage der Fliegen im Käfig vollständig ruhig. Von den Anzeichen eines „Biesens" war nichts zu bemerken. Ebenso verlief der Versuch erfolglos, bei im Freien ruhenden Rindern das Biesen hervorzurufen, dadurch, daß mitten unter ihnen drei Fliegen freigelassen wurden. Auch wurde das Biesen der Rinder vom Verfasser auf Weiden beobachtet, wo nachweislich nie eine Rinderdasselfliege vorkommt. Die Frage, in welcher Weise die Dasselfliegen am Biesen der Rinder beteiligt sind, scheint demnach noch nicht geklärt zu sein. Um unter Schonung des Kalbes befruchtete Eier bequem sammeln zu können, brachte *Gläser* später die befruchteten Weibchen erst zwischen 4 und 6 Uhr nachmittags, wo die Fliegen viel ruhiger sind, auf das Versuchskalb. Die Fliege legte dann dort, wo sie hingesetzt wurde, auf beschränktem Raum des Tierrückens ohne Beunruhigung des Kalbes die Eier ab. Verfasser erhielt in bequemer Weise die Eier auf einen kleinen Raum verteilt, indem er die Fliegen unter einer Glocke von Drahtgaze dem Versuchskalbe aufsetzte.

Die Fliegen kleben ihre kaum 1,25 mm großen Eier mit Hilfe ihrer langausgestreckten Legeröhre an das Fußende der Haare an. Die Eier besitzen einen kurzen, dünnen Stiel, und an diesem befindet sich eine eigentümliche Haftscheibe, durch die die Eier fest mit dem Haar verklebt werden. Die Art und Weise, wie die Eier angeordnet sind, ist bei den beiden Fliegenarten grundverschieden. Die Eier von Hypoderma bovis sitzen stets einzeln an einem Haar, die von Hypoderma lineatum dagegen sitzen serienweise übereinan-

der. Außerdem unterscheiden sich die Eier der beiden Fliegenarten durch das ganze Habitusbild. (Das Ei von Hypoderma bovis ist schlanker und spitzer als das mehr abgestumpfte von Hypoderma lineatum.) Die Zahl der Eier, die eine einzelne Fliege absetzt, beträgt mehrere Hunderte. *Gläser* erhielt von einer Hypoderma bovis als Gesamtleistung innerhalb 45 Stunden 538 Eier.

Die auf dem Versuchskalb abgesetzten Eier wurden nun mit den Haaren abgeschnitten und die Entwicklung der jungen Larven in den Eiern wurde ständig unter dem Mikroskop beobachtet. Die Ausbildung im Ei bis zur fertigen Gliederung dauert 8 bis 10 Tage. Das Auskriechen der jungen Larven erfolgte am 10. bis 12. Tage. Die Entwicklung der Eier am Tier geht bedeutend schneller vor sich. Hier schlüpfen die Larven, gefördert durch die Körperwärme, bereits am 4. Tage aus. Das auffallendste Gebilde der dicht mit schwärzlichen Dornen besetzten jungen Lärvchen sind die kräftigen und stilettförmigen Mundgliedmaßen. Mit Hilfe dieses Apparates durchstößt die junge Larve die Schale des Eies und zwängt sich aus der Umhüllung heraus, ein Vorgang, der unschwer unter dem Mikroskop zu beobachten ist. Wichtig war nun die von *Gläser* zuerst einwandfrei gemachte Feststellung, daß *das Ausschlüpfen der Larven aus den Eiern bereits an der Körperoberfläche des Rindes* vor sich geht. Die jungen ausgeschlüpften Larven sind im allgemeinen gegen Austrocknen empfindlich und sterben in trockener Luft sehr bald ab, während sie in feuchter Atmosphäre längere Zeit leben bleiben. *Gläser* hielt Larven unter Wasser zwei volle Tage am Leben.

Interessant ist nun der weitere Lebensweg der jungen Larven. Über ihr Verhalten unmittelbar nach dem Ausschlüpfen aus den Eiern herrschte bis zur jüngsten Zeit völlige Unklarheit. Man begegnet den Larven erst im Juli und August wieder, und zwar unter der *Schleimhaut des Schlundes*. Die bedeutend herangewachsenen Larven (3 bis 13 mm lang, je nach dem Alter) siedeln sich anscheinend zunächst am Magenende des Schlundes an und dringen von dort in das submuköse Gewebe des Schlundes ein, in dem sie dann in den nächsten Monaten umherwandern, vor allem nach dem Kopfende des Schlundes zu. Dann durchbohren sie die Muskelschicht des Schlundes, wandern in das Bindegewebe ein und ziehen dann dem Mediastinum, den Zwerchfellpfeilern und den Lendenmuskeln entlang der Wirbelsäule zu. Hier dringen sie, wohl den Rückenmarksnerven folgend, durch die Foramina intervertebralia in den Wirbelkanal ein, in welchem sie sich eine Zeitlang, im epiduralen Fettgewebe umherwandernd, aufhalten. Man trifft die Larven, deren Länge etwa 3 bis 15 mm beträgt, hier vom November bis zum Mai an, besonders im Januar und Februar. Alsdann gehen die Larven wieder auf Wanderschaft und ziehen durch das muskulöse Bindegewebe zum Unterhautbindegewebe, wo man sie etwa von Ende Dezember (Anfang Januar) antrifft. Diese Larven gleichen zunächst noch ganz den erwachsenen Schlundlarven, die man als 1. Stadium bezeichnet. Darauf häuten sich die Larven und treten in das 2. Stadium ein. Nach Beendigung der Wanderschaft beginnt der Einkapselungsprozeß, der zur Bildung der Dasselbeulen führt. In dieser Zeit, also nach der ersten Häutung, findet die Durchbohrung der Haut an der Beule statt. Die Perforation der Haut geht in zwei Abschnitten vor sich, den ersten Abschnitt bohrt die Larve selbsttätig mit Anwendung des Analpoles im Corium bis unter die Haarwurzeln. Der endgültige Durchbruch von hier bis zur Oberfläche wird auf indirektem Wege durch Hervorrufung entzündlicher Prozesse erreicht. Alsdann erfolgt die Ausstoßung des abgestorbenen Hautteils durch die Larve und die völlige Freilegung des zweiten Abschnittes[1]). Die Larven liegen nunmehr mit dem Hinterende dicht unter der Öffnung. An dem Hinterende sind zwei schwarze Stigmenplatten, die Atemwerkzeuge, oft schon von außen zu erkennen.

Der Sitz der Beulen ist in der Hauptsache der Rücken der Tiere, nur selten finden sich Beulen an anderen Körperteilen, wie Schulter und Bauchgegend. Sichtbar werden an der Haut des Tieres die Beulen etwa von Anfang März an, je nachdem die Infektion früh oder spät erfolgte.

Von großer Wichtigkeit ist nun die Beantwortung der Frage, in welcher Weise die Rinder mit den Dassellarven infiziert werden. Die alte Mär, daß die Fliegen durch ihren Stich die Eier in die Haut einlegen, wurde hinfällig, als man den anatomischen Bau der weichen Legeröhre kennen lernte. Von dem feineren anatomischen Bau der Begattungsorgane und der Legeröhre geben *Gläser* sowie *G. H. Carpenter* und *Th. R. Hewitt* eine genaue Beschreibung[2]). Später nahm man dann an, daß die aus den an den Haaren abgesetzten Eiern ausschlüpfenden Larven sich in die Haut einbohrten (*Brauer*). Als dann später die Larven im Rückenmarkskanal und die Schlundlarven bekannt wurden[3]), glaubte man die Aufnahme nur dadurch erklären zu können, daß die jungen Larven oder die Eier als solche von den Tieren abgeleckt würden und so zunächst in den Schlund gerieten[4]). Ein Eindringen von außen durch die Haut wurde daraufhin in den meisten Darstellungen der Biologie der Dasselfliegen abgelehnt. Nun gibt es aber eine ganze Anzahl von Tatsachen, die das aktive Einbohren der jungen Larven nicht unwahrscheinlich machen. Schon der Bau des kräftigen, chitinösen Mundapparates weist auf

[1]) *Peter*, Durchbruch der Hypodermenlarven des Rindes durch die Haut; Berliner Tierärztl. Wochenschrift 1912, Nr. 25.

[2]) *G. H. Carpenter* und *Th. R. Hewitt*: The reproductive Organs and the newly hatched Larve of the Warble-Fly (Hypoderma) in the Scientific. Proceedings of the Royal Dublin Society, Vol. XIV, No. 19, 1914.

[3]) *Hinrichsen* 1888, *Ruser* 1895 und *Koorevaar* 1898.

[4]) *Koch*, *Jost*, *de Vries* und andere.

eine solche Tätigkeit hin. Daß man die jüngsten Larven im Spätsommer und Herbst nicht in oder dicht unter der Haut findet, liegt einmal an der Schwierigkeit, die jungen Larven in der Unterhaut zu erkennen, andererseits an der Schnelligkeit, mit der die jungen Larven von der Unterhaut bis zu den inneren Organen, Schlundwand, Darmschlingen, Fettgewebe von Milz und Nieren wandern, wie die Versuche von *Korrevaer* (1890) mit jüngsten Larven aus dem Wirbelkanal zeigen. Ferner scheint auch die Hautbeschaffenheit — ob grobhäutig oder feinhäutig — von Einfluß auf die Aufnahme von Dassellarven zu sein. Bei grobhäutigen Tieren sind Dassellarven viel weniger häufig als bei jungen feinhäutigen Tieren. Ein Eindringen von der äußeren Oberfläche der Haut kennen wir ja auch von andern Dipterenlarven, z. B. von Lucilia caesar L. (Lucilia sericata Meig.) und Oestromyia satyrus[1]). Versuche, das Eindringen der jungen Larven in die Haut des Rindes zu beobachten, gelangen weder *Gläser* noch dem Verfasser. Jedoch teilt *Gläser* den interessanten Fall mit, daß sich eine Larve von Hypoderma lineatum in die Haut seines linken Oberschenkels einbohrte. Später kam bei ihm eine Dassellarve zur Entwicklung und trat als Larve des 1. Stadiums in der Mundhöhle aus[2]). Ob die ausgetretene Larve identisch mit der von außen eingedrungenen Larve ist, läßt sich nicht mit Sicherheit sagen, da daneben natürlich auch eine Infektion per os möglich gewesen sein könnte.

Um die Frage zu entscheiden, in welcher Weise die Infektion vor sich geht, wurden nun mit den eben ausgeschlüpften Larven und mit den Eiern, die bei dem geschilderten Züchtungsverfahren gewonnen waren, Infektionsversuche angestellt, derart, daß einmal im Stalle gehaltene Kälber mit Eiern und frisch ausgeschlüpften Larven gefüttert wurden, andererseits die Eier und frischen Larven auf dem Rücken aufgelegt wurden, wobei die Tiere durch besondere Vorrichtungen am Belecken der betreffenden Stellen verhindert wurden. Zwei der von *Gläser* in dieser Weise behandelten Tiere konnten im nächsten Jahre kontrolliert werden. Das Ergebnis war, daß das eine Kalb, dem die Larven und Eier per os eingegeben waren, *keine* Beulen aufwies, dagegen zeigte das andere, dem die Larven und Eier aufgelegt waren, *6 Beulen*. Die Versuche des Verfassers (1914), die sich auf 4 Kälber erstreckten, verliefen ergebnislos. Infolge des Kriegsausbruchs lagen die Tiere dem Verfasser nicht zur Kontrolle vor. Neue Untersuchungen über das Eindringen der jungen Larven wurden dann später durch *Carpenter, Hewitt* und *Reddin* veröffentlicht. Diese Forscher fanden in der Oberhaut (in der Nähe der Eier) winzige Löcher, aus denen eine wäßrige Flüssigkeit heraustrat. Bei der mikroskopischen Untersuchung dieser durch leichten Druck auf die Haut erhaltenen Flüssigkeit fanden sie eine frisch ausgeschlüpfte Larve von Hypoderma lineatum. Ferner brachten sie 7 Larven auf eine Hautstelle, an der die Haare kurz abgeschnitten waren, und konnten hier das Einbohren von 3 Larven direkt beobachten. An der Stelle, wo sie verschwanden, erschienen 3 Bläschen. 4 weitere Bläschen in der Nähe verrieten den Verbleib der übrigen 4 Larven, die nicht beobachtet waren. Der Vorgang des Einbohrens dauerte etwa 6 Stunden. Die Bläschen vergrößerten sich und trockneten schließlich zu einem Schorfe ein[1]).

Diese Forscher halten nach dem Ergebnis ihrer Untersuchungen das Eindringen durch die Haut für erwiesen. Sie nehmen sogar an, daß durch das Lecken der Tiere die Infektion eher gehindert als gefördert wird.

Nach alledem kann wohl jetzt die Möglichkeit des aktiven Eindringens der Larven nicht mehr in Abrede gestellt werden. Jedoch ist die Annahme wohl nicht von der Hand zu weisen, daß die Infektion der Rinder auf beiden Wegen geschehen kann, einmal durch direktes Einbohren der jungen Larven, dann auch durch Aufnahme der Larven per os. Wahrscheinlich werden die aus den Eiern herauskommenden Larven einen Juckreiz ausüben, durch den die Tiere zum Belecken der betreffenden Stellen veranlaßt werden. So gelangen dann eine Anzahl Larven ins Maul und von dort zum Schlunde.

Um den Nachweis zu führen, daß eine Infektion durch Aufnahme per os überhaupt nicht erfolgt, sind weitere Versuche notwendig. Dem negativen Ergebnis bei den wenigen Versuchstieren, die mit Eiern und Larven gefüttert wurden, ist noch keine Beweiskraft zuzusprechen.

Der durch die Dassellarven verursachte Schaden ist bedeutend. Und zwar betrifft dieser in der Hauptsache die *Verarbeitung der Haut zum Leder*. Die Stellen, an denen die Larven in der Beule die Öffnungen gebohrt haben, treten später im Leder als Löcher oder Narben auf. Da die Larven mit Vorliebe auf dem Rücken und auf der Kruppe sitzen, genügen schon einzelne Larven, um den Wert des Leders stark zu mindern, da derartige Stücke für größere Gebrauchslederflächen (z. B. in der Wagen-, Automobil- und Möbelindustrie) mehr oder weniger unbrauchbar werden. Viel bedeutender ist natürlich der Schaden, wenn eine größere Anzahl von Löchern und Narben das Leder durchsetzt, wie es meistens der Fall ist, denn dann ist die Wertminderung des

[1]) *Stroese* 1910.

[2]) *Gläser* beschreibt diesen Entwicklungsgang der Larve genau in den „Mitteilungen des Aussch. z. B. d. D. Nr. 5".

[1]) *Carpenter* und *Hewitt:* Some New Observations on the Life-History of Warble-Flies. The Entrance of the Maggot into the Host's Body, The Irish Naturalist, Oktober 1914.

G. H. Carpenter, Th. R. Hewitt, T. K. Reddin: The Warble-Flies. Fourth Report on Experiments and Observations as to Life-History and Treatment, Department of Agriculture and Technical Instruction for Ireland, Vol. XV, No. 1, 1915.

Leders natürlich eine viel größere. Gerade die wichtigsten Teile der Haut sind dann fast wertlos. Dazu kommt, daß alte, gut vernarbte Stellen bisweilen als einwandfreies Leder verarbeitet werden, sich aber dann im Gebrauch als wenig dauerhaft erweisen, besonders bei Inanspruchnahme von Zug (z. B. bei Treibriemen).

Die erste genauere Feststellung des Schadens am Leder verdanken wir *Krause*. Auf Grund seiner Erhebungen kommt *Krause* zu dem Resultate, daß von den in der Zeit vom 1. Februar bis 31. Juli 1911 in deutschen Lederfabriken zur Verarbeitung gelangten norddeutschen Rindshäuten mindestens ein Drittel, von den süddeutschen mindestens ein Zehntel dasselbeschädigt waren. Als Mindestmaß der Wertminderung berechnet *Krause* für eine dasselbeschädigte Haut in Norddeutschland 3,89 M., in Süddeutschland 3,63 M. Nach Berücksichtigung aller Nebenumstände und Fehlerquellen in der Statistik kommt *Krause* auf Grund seiner genauen Berechnung zu dem Schlusse, daß der jährliche Dasselschaden an den Rindshäuten Deutschlands *auf 4—5 Millionen Mark* festzusetzen ist. Eine andere Berechnung des Dasselschadens vom Jahre 1910 bezieht sich auf die Niederlande, für die *de Vries* einen jährlichen Schaden von 4½—5 Millionen Gulden angibt[2]). Eine Notiz des „Rotterdamschen Huidenclubs" vom Jahre 1909 gibt 33 % der Häute als beschädigt an, gleich einem Schaden von 35 000 Gulden. Diese Berechnungen übertragen auf die heutigen Verhältnisse unter Zugrundelegung der jetzigen Lederpreise, des verminderten Viehstandes und der damit verbundenen Lederknappheit würden natürlich zu weit höheren Verlustziffern führen.

Der zweite offensichtliche Schaden, den die Dassellarven anrichten, betrifft die *Wertminderung des Fleisches*. Die Beulen zeigen vielfach unter der Haut, namentlich bei starkem Befallensein, infolge der Bildung von Entzündungsprodukten eine eitrige Beschaffenheit und eine Durchtränkung der umgebenden Fleischteile mit eitriger Flüssigkeit. Sind diese Eiterungen umfangreich, so können dadurch recht beträchtliche Teile des Fleisches für den menschlichen Genuß untauglich werden. Genauere Feststellungen über die Höhe dieses am Fleische verursachten Schadens fehlen bisher in Deutschland.

In ähnlicher Weise haben die Untersuchungen über die Schädigungen der *Milchergiebigkeit* noch keine genaueren Anhaltspunkte ergeben. Daß die Milchergiebigkeit bei stärkerer Invasion durch Dassellarven leidet, ist unschwer zu erkennen. Den einzigen Versuch, die Minderung des Milchertrages zahlenmäßig festzulegen, finden wir in der Arbeit von *de Vries*. Als Milchverlust wird hier ein Minderertrag von 30—40 % angegeben und eine Minderung des Fettgehaltes von 0,7 %. Für den Minderertrag von 700 Litern Milch pro Rind werden 28 Gulden angesetzt.

Noch nicht hinreichend orientiert sind wir ferner über die *Schädigungen*, die den *Gesamtorganismus* des befallenen Tieres treffen. Zunächst sind hierbei *allgemeine Gesundheitsstörungen* und *starke Abmagerung* zu erwähnen, die, zumal bei zahlreichem Auftreten, keine Seltenheit sind. Daß größere Abszeßbildungen (bisweilen ¼—½ Liter eitriges Sekret) den Gesundheitszustand der Tiere ungünstig beeinflussen, dürfte wohl niemand anzweifeln. Dazu kommt noch, daß die äußere Haut in der Umgebung der Beulen durch Ausfluß des eitrigen Inhalts in Entzündung versetzt wird und Veranlassung zu kahlen Stellen geben kann. Auch sind Fälle bekannt geworden, daß einzelne Jungrinder durch die Schmarotzer zugrunde gegangen sind[1]). Eine *Störung des Allgemeinbefindens* ist bei stark behafteten Rindern oft schon durch die bloße Beobachtung zu erkennen. Jungrinder, die mit 200 oder 300 Beulen bedeckt sind, leiden offensichtlich sehr unter ihrem Zustand. Es ist unverständlich, wie bisweilen Landwirte bei einem solchen Zustand der Tiere noch von harmlosen Parasiten sprechen können!

Über die oft deutlich in die Erscheinung tretenden *Ernährungsstörungen* und *Wachstumshemmungen* fehlen uns auch heute noch genauere, zahlenmäßige Angaben. Dagegen liegt ein zahlenmäßiger Nachweis vor über die *Beeinträchtigung des Fleischansatzes*. *Gläser* hat den Versuch unternommen, die Minderung des Fleischansatzes durch Wägungen zu bestimmen[2]). Den durchschnittlichen Schaden durch Minderung des Fleischansatzes berechnet *Gläser* auf 7 Mark für jedes mit Dassellarven besetzte Rind. Durch Entfernen der Larven wurde die Zunahme des Gewichtes günstig beeinflußt. Nach dem Ergebnis der Gläserschen Untersuchungen ist ein schädigender Einfluß auf die Entwicklung und den Fleischansatz der Rinder nicht abzuleugnen. Mit Recht weist *Gläser* darauf hin, daß die Landwirtschaft durch diesen Fleischverlust mindestens den gleichen, wenn nicht den doppelt so hohen Schaden hat wie die Lederindustrie.

Ob die im Wirbelkanal befindlichen Larven das Befinden ihrer Wirte stören, darüber liegen noch keine Beobachtungen vor, ebensowenig über etwaige Krankheitserscheinungen, die durch die Wanderung der Larven im Körperinnern hervorgerufen werden. Veränderungen in der Speiseröhre und die schmutzig-grünen Gänge in den Muskeln lassen eine derartige Einwirkung nicht ausgeschlossen erscheinen. *de Vries* gibt an, daß der Ösophagus durch Ödeme stark verdickt gefun-

[1]) Mitteilungen d. A. z. B. d. Dasselplage Nr. 1, 1912.

[2]) *H. de Vries*, Ein Beitrag zur Illustration des durch die Dasselfliegen verursachten Schadens und die Bekämpfung derselben beim Rindvieh, Bern 1910.

[1]) *Zarnack*, Mitteilungen d. A. z. B. d. Dasselplage Nr. 7, 1919.

[2]) Mitt. d. A. z. B. d. Dasselplage, Nr. 6, 1914.

den wurde (2- bis 3mal so dick als im Normalzustand). Bei einem Jungrind traten nach den Angaben desselben Autors Schluckbeschwerden und Erbrechen infolge der Parasiten im Schlunde auf. Daß die wandernden Larven bei ihrer Größe und ihrem oft zahlreichen Vorkommen schmerzhafte Reize auslösen, ist wohl anzunehmen. Wie im einzelnen die Einwirkung der Dassellarven auf den Körper des Rindes physiologisch zu erklären ist, ob eine Einwirkung der Dassellarven stattfindet analog der toxischen Wirkung der parasitischen Würmer auf ihre Wirtstiere, darüber fehlen Untersuchungen. Eine ähnliche toxische Einwirkung, wie sie von der Pferdemagenbremse angenommen wird, ist wohl möglich. Mit Einspritzungen von Dassellarvenextrakt erzielte *Stroese* keinen Erfolg[1]).

Dieser bedeutende Schaden, der dem Nationalvermögen durch die Dassellarven zugefügt wird, hat naturgemäß seit längerer Zeit Bestrebungen zur Bekämpfung der Plage gezeitigt. Als einzig durchführbares Mittel hat sich bisher die Vernichtung der in den Dasselbeulen schmarotzenden Larven erwiesen. Die Vernichtung der Larven kann im einfachsten Falle durch Ausdrücken der reifen Larven geschehen, dann auch, indem man die Larven mit einer Art Häkelnadel oder mit einer besonders konstruierten Pinzette entfernt. Für diese mechanische Entfernung ist die Bezeichnung „Abdasseln" eingeführt worden. Das Abdasseln mit der Pinzette hat den Vorteil, daß dadurch auch unreife Larven entfernt werden können, die noch nicht ausdrückbar sind. Da die Tiere schon im April oder Anfang Mai auf die Weide kommen, zu dieser Zeit aber ein großer Teil der Larven mehr oder weniger unentwickelt sind, ist es von großer Wichtigkeit, möglichst alle Larven vor dem Weidegang zu vernichten. Um diesem Ziele näher zu kommen, wurden Schmiermittel angewandt, die durch mechanischen Verschluß der Atemlöcher in den Beulen oder durch chemische Einwirkung die Larven abtöten sollten. Als brauchbares Mittel mit relativ günstiger Wirkung erwies sich hierbei das Birkenteeröl. Vom Verfasser wurden dann eine ganze Reihe von Versuchen mit derartigen chemischen Mitteln angestellt, denen die gleichen schädigenden Eigenschaften zukamen (Teeröle, Teercreme, Teertinkturen, Tran, Tetrachloräthane, Jodpräparate usw.). Kein einziges der angewandten Mittel war absolut sicher und durchgreifend zur Bekämpfung der Larven. Keines der versuchten Mittel übertraf an Wirkung und Einfachheit der Handhabung das Birkenteeröl. Zu ähnlichen Ergebnissen führten die Untersuchungen von *Carpenter*, *Hewitt* und *Reddin*. Durch systematisches Abdasseln sind in der Bekämpfung der Dasselplage schon nennenswerte Erfolge erzielt worden, so in Dänemark und in Deutschland, besonders in Oldenburg und im preußischen Kreise Neuhaus a. Oste. Wichtig für eine erfolgreiche Bekämpfung ist, daß die einzelnen Methoden der Bekämpfung nicht nur einmal, sondern wiederholt stattfinden; wenn nötig, ist ein Nachdasseln der Tiere Ende Mai auf der Weide durchzuführen. Wenn auch durch die genannten Mittel die Dasselplage nicht sofort gänzlich behoben werden kann, so ist doch damit ein erfolgreicher Kampf bei richtiger und dauernder Anwendung zu führen. Die Versuche zeigen, daß eine starke, wenn auch nur allmähliche Abnahme der Dassellarven zu erzielen ist. Eine weitere Bekämpfung läßt sich vielleicht durch Einwirkung von Gasen, z. B. des Schwefeldioxyds, ermöglichen, dessen Anwendung bei der Räudebekämpfung der Pferde sich als sehr wertvoll erwiesen hat. Ob das Schwefeldioxyd auch die jungen, noch nicht voll entwickelten Larven angreift, und ob die Anwendung der Gaszellen bei dem Rindviehbestande sich praktisch durchführen läßt, darüber müssen erst noch Versuche in größerem Maßstabe Klarheit bringen. Spezielle natürliche Feinde scheinen die Larven und Puppen nicht zu haben. Auch die zahlreichen bei den Rindern auf der Weide sich aufhaltenden Stare scheinen sich nicht im geringsten an der Vernichtung der Larven zu beteiligen, wie die Magenuntersuchungen des Verfassers zeigen.

Leider ist durch die Unterbrechung des Kampfes in den Kriegsjahren die Dasselplage wieder stark im Anwachsen begriffen. Deswegen ist es jetzt — bei den viel höheren Werten, die heute dabei auf dem Spiele stehen — ein Gebot der Stunde, den Kampf gegen diese Schädigungen unserer Volkswirtschaft mit allen Kräften aufzunehmen.

[1]) Nach mündlicher Mitteilung.

Die chemische Theorie der Farbe von Hantzsch.

Von J. Eggert, Berlin.

Die nachstehenden Zeilen sind angeregt durch einen Vortrag, den *Konrad Schäfer* im September 1919 auf der Hauptversammlung des Vereins Deutscher Chemiker in Würzburg (vergl. Zeitschr. f. angew. Chemie *33*, 25, 1920) gehalten hat. Der Vortrag faßt eine ganze Reihe von Arbeiten aus der Hantzschschen Schule zusammen, die bereits bis in das Jahr 1908 zurückreichen und an deren Ausbau und Weiterführung in den letzten Jahren *Schäfer* besonderen Anteil hat.

Es handelt sich um das Problem: 1. Wie ist die Farbe eines Körpers von seinem Molekularzustand (fest, flüssig, gasförmig, gelöst usw.) abhängig? 2. Wie sind die Farbänderungen zu deuten?

Dieses alte Problem ist physikalisch und chemisch interpretiert worden. Ein in der Optik unter dem Namen „Kundtsche Regel" bekannter Satz sagt z. B. aus, daß das Absorptionsspektrum eines gelösten Stoffes um so mehr nach dem Rot

verschoben wird, ein je höheres Brechungs- und Dispersionsvermögen das Lösungsmittel besitzt. Die Tatsache jedoch, daß diese und ähnliche Regelmäßigkeiten — auch die mit der Dissoziationstheorie in Zusammenhang gebrachten — sich stets als strittig erwiesen, und vor allem die ständig wachsenden Erfolge der „chemischen Theorie der Farbe" zeigten die außerordentliche Fruchtbarkeit der Hantzschschen Arbeitshypothese, daß Farbe und Farbänderungen eines Körpers immer mit seinem chemischen Charakter in engster Beziehung stehen.

Bevor wir uns dem Wesen dieser Theorie zuwenden, wollen wir kurz die Methodik der Absorptionsspektralanalyse überblicken. Während das Emissionsspektrum eines Stoffes hinreichend durch die Angaben der Wellenlängen λ der einzelnen Spektrallinien (in Angström-Einheiten, 1 A. E = 10^{-8} cm) charakterisiert ist, genügt es für ein Absorptionsspektrum bei weitem nicht (wie dies früher geschah), etwa Anfang und Ende der „Bande" zu nennen. Vielmehr ist es auch nötig, den Grad der Absorption quantitativ zu erfassen, d. h. einen zahlenmäßigen Ausdruck für die Energieverteilung im Absorptionsspektrum zu finden. Nach *Bunsen* und *Roscoe* geschieht dies durch den „Extinktionskoeffizienten ε", d. i. der reziproke Wert derjenigen Schichtdicke des absorbierenden Stoffes, die das von der Lichtquelle kommende, homogene Licht auf den zehnten Teil seiner ursprünglichen Intensität schwächt. Die koordinierte Angabe von λ und zugehörigem ε in Gestalt einer Kurve ergibt den geforderten quantitativen Ausdruck für die Lage und die sogen. „Tiefe" (engl. persistence) des Absorptionsspektrums. — Große Verdienste um die Ausarbeitung einer gangbaren Methode zur objektiven (photographischen) Aufnahme solcher „Schwingungs- oder Absorptionskurven" hat *Hartley*[1]), der den Meßbereich erheblich durch Hinzuziehung des Ultraviolettspektrums (unter Verwendung eines Funkens zwischen Eisenelektroden als Lichtquelle und des Quarzspektrographen) erweitert hat. *Schäfer* hat diese Methode durch eine Anzahl von Kunstgriffen wesentlich bereichert. Er nimmt das Spektrum zweier genau gleich heller Funkenstrecken gleichzeitig übereinander auf. Durch passend gewählte Entfernungen vom Spektrographen stehen die Lichtintensitäten im Verhältnis 1 : 10; das hellere Licht durchstrahlt vor seinem Eintritt in den Spalt die zu absorbierende Substanz, das schwächere kommt direkt zum Apparat oder passiert bei Lösungen die gleiche Schicht des reinen Lösungsmittels, damit sich eine eventuelle Eigenabsorption desselben heraushebt. Für diejenigen Linien, die in dem Spektrenpaar entsprechend (d. h. übereinander) gelegen sind und die gleiche Intensität besitzen, ist die durchstrahlte Schichtdicke gleich dem reziproken Extinktionskoeffizienten. Zur Messung dieser Größe für alle Wellenlängen hat man also nur nötig, solche Spektrenpaare für einen möglichst weiten Schichtdickenbereich (1—500 mm) der Reihe nach aufzunehmen; da auf Gebrauch nur einer Platte keinerlei Schwierigkeit, eine Breite von 2 mm einnimmt, bietet die Untersuchung einer Substanz oder Lösung unter Gebrauch nur einer Platte, keinerlei Schwierigkeit. — In Fig. 1 findet sich eine solche Aufnahmenserie an einer 0,1- und 0,01-n-Lösung von Benzol in Äthylalkohol wiedergegeben[2]); um die

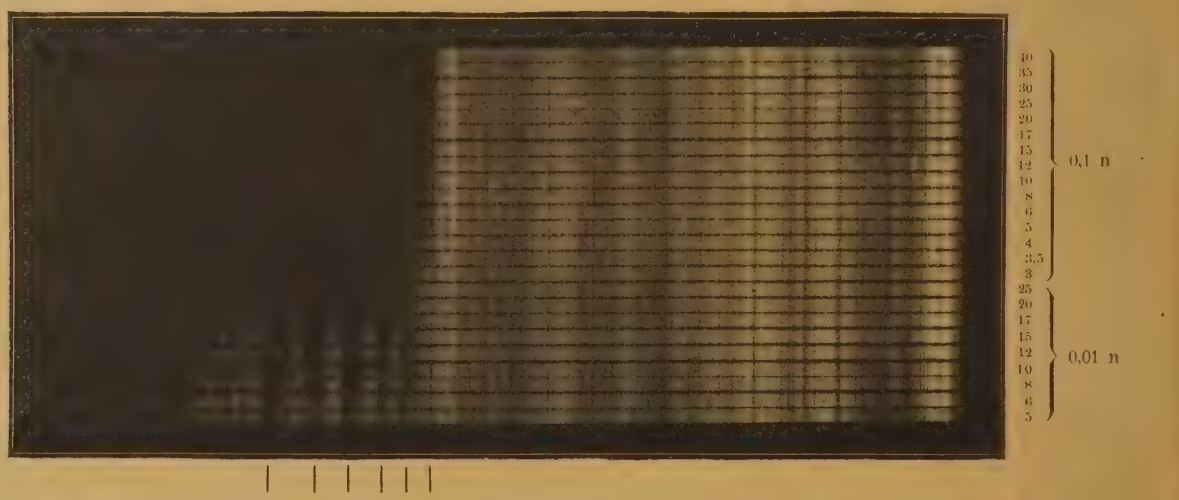


Fig. 1. Absorptionsspektra verschiedener Schichtdicken einer 0,1- und 0,01-n-äthylalkoholischen Benzollösung. Die Striche weisen auf die Lage der Banden hin, die Zahlen neben den Spektren geben die Schichtdicken in Millimeter an.

[1]) Die Arbeiten *Hartleys* und seiner Mitarbeiter (*Baly*) reichen bis in die achtziger Jahre zurück (Journ. Chem. Soc.).

[2]) Fig. 1 und 2 sind entnommen aus: *Ley*, Die Beziehungen zwischen Farbe und Konstitution, Leipzig 1911.

Zunahme der Absorption mit steigender Schichtdicke recht sinnfällig zu zeigen, ist das (nur für die Auswertung notwendige) Vergleichsspektrum jeweils fortgelassen. Man sieht deutlich, wie die 6 Absorptionsbanden im kurzwelligen Ultraviolett (durch die Striche unter der Figur gekennzeichnet) mit zunehmender Schichtdicke durch stärkere Verdunkelung des ursprünglichen Spektrums an jenen Stellen immer ausgesprochener werden. An die Schichtdicke 25 mm der 0,01-n-Lösung schließt sich lückenlos, da das Beersche Gesetz (s. w. u.) erfüllt ist, diejenige von 3 mm der 0,1-n-Lösung an. — Fig. 2 zeigt die „Schwingungskurve", die sich

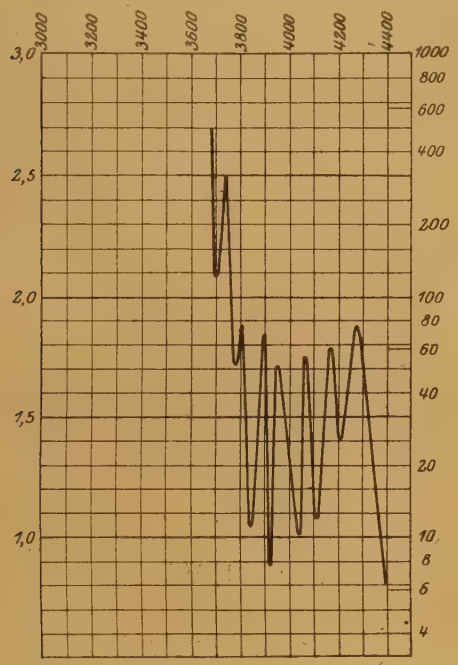


Fig. 2. Schwingungskurve nach dem Spektrogramm Fig. 1 ausgemessen. Ordinaten: Logarithmen der Schichtdicken, Abszissen: Schwingungszahlen ($= 10^7 . \lambda^{-1}$ rez. A.E.).

nach der Ausmessung dieses Spektrogramms ergibt. Als Abszissen werden hier nicht die Wellenlängen λ verzeichnet, sondern die sogen. Schwingungszahlen; dies ist die Anzahl der Wellen pro Zentimeter, also die Größe $10^7 . \lambda^{-1}$ (gemessen in sogen. rezipr. A. E.). Als Ordinaten finden wir ebenfalls nicht die Extinktionskoeffizienten wieder, sondern, was ja sachlich gar nichts ändert, die beobachteten Schichtdicken, die zur Zusammendrängung der Koordinaten meist in logarithmischer Zählung aufgetragen sind.

Nach dieser Abschweifung in die Praxis der modernen Absorptionsmessung wollen wir uns zunächst fragen, welche Arten von Schwingungskurven wir auf diesem Wege erhalten. Wir lassen uns dabei von den nachfolgenden 4 Diagrammen leiten, die das wesentlichste Material bringen (Fig. 3).

Kurve a stellt die Schwingungskurve des Salpeters (KNO_3) dar. Das Typische hieran ist die Tatsache, daß wir zu diesem Absorptionsbild gelangen, gleichgültig, unter welchen Bedingungen wir den Salpeter untersuchen. Ob also der Körper fest (in Form eines Dünnschliffes) oder geschmolzen, ob er in konzentrierter oder verdünnter wässeriger Lösung vorliegt, ist völlig gleichgültig. Allerdings ist dabei (besonders für Lösungen) zu beachten, daß wir die absolute Menge des absorbierenden Stoffes in Rechnung ziehen müssen. Wir betrachten also hier, im Vergleich, stets die sogen. molekulare Extinktion = Extinktionskoeffizient : Konzentration. Die Identität der Spektren bei Lösungen verschiedener Konzentration ist der Ausdruck des Beerschen Gesetzes, welches besagt: Die Schichtdicke n cm von der Konzentration 1 entspricht in ihrer absorbierenden Wirkung der Schichtdicke 1 cm von der Konzentration n. Dieses Gesetz ist durchaus nicht immer erfüllt, wie

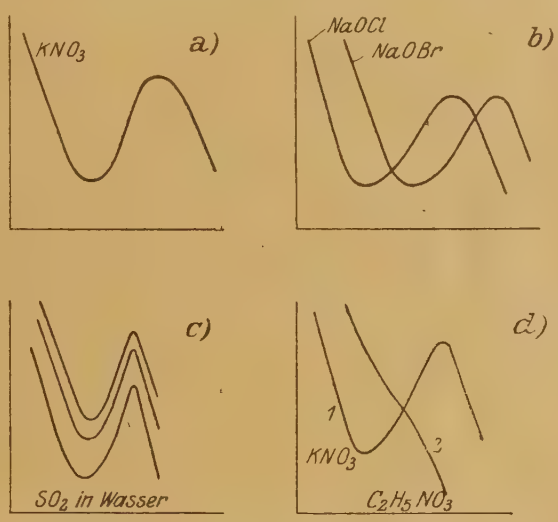


Fig. 3. Schematische Darstellung einiger typischer Schwingungskurven.

Kurve c zeigt. Hier ist der gleiche Versuch mit dem System Schwefeldioxyd—Wasser angestellt. Die in der Richtung der Ordinate verschobenen Absorptionskurven weisen darauf hin, daß erhöhte Konzentration und vergrößerte Schichtdicke nicht in der gleichen Weise wirksam sind; das Absorptionsspektrum des gasförmigen und flüssigen Schwefeldioxyds zeigt noch größere Verschiebungen in der gleichen Richtung. — Diese beiden Befunde an *a* und *c* werden folgendermaßen gedeutet: Beide Systeme erleiden beim Schmelzen, Auflösen und Verdünnen weitgehende sinnfällige physikalische Veränderungen; aber nur bei dem *einen* von ihnen, dem Schwefeldioxyd, äußert sich dies optisch an dem Absorptionsspektrum. *Hantzsch* deutet dies Verhalten durch den Eintritt einer chemischen Reaktion beim Lösen der Substanz in Wasser, ein Vorgang, der an dem anderen System (KNO_3) bei denselben physikalischen Veränderungen *optisch* nicht bemerkbar ist.

Wir schließen also mit Hantzsch aus dieser grundlegenden Tatsache, daß allen Farbänderungen beim Schmelzen, Lösen und Verdünnen chemische Ursachen zugrunde liegen; denn wären diese physikalischen Vorgänge an sich und allgemein das Farbändernde, so müßte auch der Salpeter (und andere Stoffe) diese optischen Veränderungen zeigen. (Chemische Theorie der Farbe.)

Kurve b gibt die Diagramme von NaCl und NaOBr wieder, zeigt also, daß chemisch ähnliche Individuen auch ähnliche — und zwar meist in der Richtung der Abszisse (im Gegensatz zu c) verschobene — Schwingungskurven besitzen.

Kurve d bringt das entgegengesetzte Beispiel in der Gegenüberstellung der Schwingungskurven von KNO_3 und $C_2H_5NO_3$, also nur scheinbar ein ähnliches Beispiel wie NaOCl und NaOBr. Salze und Ester der Salpetersäure sind als chemisch völlig verschiedene Verbindungen zu betrachten, denn KNO_3 zeigt „selektive", $C_2H_5NO_3$ „End"-Absorption. Dieser Tatsache werden wir noch tiefer auf den Grund gehen. —

Wie man erkennt, baut sich die Hantzschsche Theorie auf der Tatsache auf, daß es Stoffe, wie den Salpeter (untersucht von *Schäfer*)[1]) gibt, die, unter den verschiedensten physikalischen Bedingungen beobachtet, das gleiche Absorptionsspektrum zeigen. Die ersten Untersuchungen, die *Hantzsch* 1908 anstellte, befaßten sich mit dem Platinchlorwasserstoff und seinen Salzen, den Chromaten und den Permanganaten. Betrachten wir einen kurzen Auszug aus dem damals veröffentlichten[2]) Zahlenmaterial. Die Tabelle enthält die Molekularextinktion für die Quecksilberlinie 4360 A. E., und zwar beziehen sich die Messungen auf H_2PtCl_6 (oben) und Na_2PtCl_6 (unten), unter den verschiedensten Lösungsbedingungen beobachtet, d. h. in verschiedenen Konzentrationen (Vertikalreihen) und in verschiedenen Lösungsmitteln gelöst (Horizontalreihen). *Für alle Bedingungen und für beide Stoffe ist die molekulare Extinktion die gleiche*[3]). Hieraus schloß *Hantzsch*, daß in diesem Falle der Lösung die Farbe von der *Gruppe* $[PtCl_6]$ erteilt wird, und zwar — und das ist eins der wichtigsten und zugleich überraschendsten Resultate — gleichgültig, ob die Gruppe ionisiert ist oder nicht. Also nicht, wie man früher vielfach fälschlich annahm, der *Ionisationsvorgang* ist Ursache einer Farbänderung. Wäre es so, dann müßte konzentrierte alkoholische Platinchlorwasserstofflösung anders gefärbt sein als verdünnte wäßrige Platinchlornatriumlösung, denn die alkoholische Lösung der Säure ist unvergleichlich viel weniger dissoziiert als die wäßrige Lösung des Salzes. Farbändernd können vielmehr nur solche chemische Vorgänge sein, die einen viel krasseren Eingriff in das Molekül bedeuten als die Dissoziation.

$\lambda = 4360$ Å. E. (Quecksilber)

			H_2PtCl_6		
Konzentration	40	20	4	2	1
Wasser	44,9	44,2	43,8	43,2	44,3
Methylalkohol	43,7	43,1	43,8	34,0	44,3
Äthylalkohol	43,3	43,3	43,0	42,8	—
			Na_2PtCl_6		
Wasser	43,7	43,0	43,6	43,0	43,8
Methylalkohol	44,3	44,1	43,8	44,0	43,9
Äthylalkohol	43,6	43,2	43,8	43,7	43,3

Als solche farbändernde Reaktionen hat *Hantzsch* molekulare Umwandlungen erkannt; für anorganische Salze z. B. solche, die sich in der sogenannten 1. Sphäre des Zentralatoms im Sinne der Theorie *Werners* abspielen. Um ein Beispiel zu zitieren: Kupfervitriol hat in Wernerscher Schreibweise die Formel $[Cu(H_2O)_4]SO_4.H_2O$ sonst $(CuSO_4.5H_2O)$. Zentralatom Cu. 1. Sphäre $4H_2O$ — 2. Sphäre SO_4 usw. Die Verbindung ist blau gefärbt und folgt dem Beerschen Gesetz.

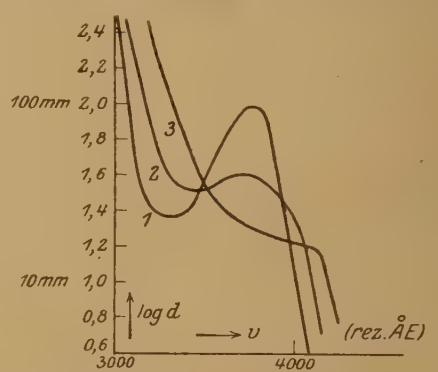


Fig. 4. Absorptionskurven von Salpetersäuren verschiedener Konzentration: 1. n/20 d. h. 5-prozentige Säure, 2. 8 n d. h. 40-prozentige Säure, 3. 24 n d. h. 99-prozentige Säure.

Fügt man zu wäßriger Kupfervitriollösung Ammoniak, so tritt bekanntlich (nach vorübergehender Trübung) ein tief dunkelblauer Farbumschlag ein. Es hat sich eine neue, gut kristallisierbare Verbindung (Kupfersulfatammoniak) gebildet:

$$[Cu(NH_3)_4]SO_4.H_2O,$$

deren Farbgruppe $[Cu(NH_3)_4]$, wie *Hantzsch* zeigte, zwar eine ganz andere Absorption besitzt als die Gruppe $[Cu(H_2O)_4]$, die aber ebenso unveränderlich gegen Lösen und Verdünnen ist wie diese und wie die Gruppen $[PtCl_6]$, $[CrO_4]$, $[MnO_4]$.

Die Auflösung und die Dissoziation des Kupfervitriols:

$$[Cu(H_2O)_4]SO_4 \cdot H_2O \rightarrow [Cu(H_2O)_4]SO_4 \cdot aq$$
$$\rightarrow [Cu(H_2O)_4]^{\cdot\cdot} + (SO_4)''$$

verläuft also *ohne* Farbänderung, denn der farbgebende Komplex $[Cu(H_2O)_4]$ bleibt in der 1. Sphäre intakt; dagegen ist die Umlagerung von $[Cu(H_2O)_4]$ in $[Cu(NH_3)_4]$ optisch erheblich wirksam, da die 1. Sphäre völlig umgebaut wird. Damit sind die Farbreaktionen in Lösungen — übrigens auch die Indikatorreaktionen — auf

[1]) Z. wiss. Photogr. *8*, 212; *17*, 193.
[2]) Berichte *41*, 1216, 4328.
[3]) Auch Temperaturerhöhung auf 100° ergibt keine Verminderung des Wertes, wie durch Zahlen belegt wird.

einen ganz neuen Gesichtspunkt gerückt: *Der Dissoziationsvorgang, der früher in erster Linie für die Farbreaktionen verantwortlich gemacht wurde, ist optisch unwirksam. Nur Vorgänge, die einen tiefen Eingriff in die reagierenden Moleküle, z. B. in die 1. Sphäre des Zentralatoms, machen, sind mit Farbänderung verbunden.*

Ein letztes, äußerst instruktives Beispiel, das zugleich für die Konstitutionsauffassung einer ganzen Gruppe von Körpern, nämlich die der Säuren, charakteristisch ist, sei in der Salpetersäure gebracht. Fig. 4 enthält die Schwingungskurven von drei Salpetersäurelösungen verschiedener Konzentration (*Schäfer*). Die verdünnteste Säure (*1*) zeigt genau den Charakter der *Salze* der Salpetersäure (Fig. 3, d, 1), die konzentrierteste (nahezu absol.) Säure (*3*) den Charakter der Salpetersäureester (Fig. 3, d, 2). Die zunehmende Dissoziation kann für die Farbänderung der Grund nicht sein. Bleibt die Deutung, daß wir es in den beiden Grenzfällen (die mittlere Konzentration (*2*) ist als Gemisch beider zu betrachten!) mit zwei konstitutiv verschiedenen Formen der Salpetersäure zu tun haben. *Hantzsch* nennt die Säure mit selektiver Absorption, die das Spektrum der Salze zeigt, die *wahre* Säure — die andere die ψ-(Pseudo-) Säure. Der ersten kommt demgemäß die Konstitutionsformel $H[NO_3]$, analog $K[NO_3]$, mit „ionogen" gebundenem Wasserstoff — der ψ-Form die Schreibweise einer Hydroxylverbindung $OH\,[NO_2]$, entsprechend $C_2H_5O[NO_2]$, zu. Tabellarisch ist also der Befund zusammenzufassen:

Echte Säure	ψ-Säure
HNO_3	$OHNO_2$
H ionogen gebunden	Hydroxylverbindung
Salze: $Me[NO_3]$	Ester: $RO[NO_2]$
Selektive Absorption	Endabsorption

Diese wenigen Andeutungen, die nur einen ganz geringen Bruchteil des bereits gesammelten Tatsachenmaterials streifen konnten, mögen hinreichen, um zu zeigen, daß die Hantzschsche Auswertung der Absorptionsspektralanalyse bereits ganz bedeutende Erfolge zu verzeichnen hat, namentlich auf den drei wichtigen chemischen Gebieten der Wernerschen Koordinationslehre, der Dissoziationstheorie und der Konstitutionserforschung der Säuren.

Besprechungen.

Die Entwicklung der Brille VII.

1. *C. Müller*, Ueber Brillenpreise im Mittelalter, Centr. Ztg. f. Opt. u. Mech. 1919, *40*, 18—19 (10. I.).

2. *R. Greeff*, Hieronymus Sirturus. Deut. opt. Wochenschr. 1919, *[4.]* 56 (3. III.).

3. *R. Görner*, 160jähriges Bestehen eines Optikergeschäftes. Ebenda 59—60 (3. III.).

4. *Ernst Müller*, Eine lobende Anerkennung des optischen Berufes vor 250 Jahren. Centr. Ztg. f. Opt. u. Mech. 1919. *40*, 100—101 (1. IV.); 111—112 (10. IV.).

5. *M. von Rohr*, Hieronymus Sirturus. Bemerkungen zu dem Greeffschen Aufsatze gleichen Titels. Deut. opt. Wochenschr. 1919, *[4.]* 110 (23. IV.).

6. Derselbe, Ueber Brillenpreise aus älterer Zeit. Centr. Ztg. f. Opt. u. Mech. 1919, *40*, 207—211 (1. VIII.).

7. Derselbe, Zur Geschichte der Glasbrillen. Deut. opt. Wochenschr. 1919, *[4.]* 258—259, 7† (13. IX.).

8. *C. Müller*, Etwas über Schiess- und Zielbrillen. Centr. Ztg. f. Opt. u. Mech. 1919, *40*, 162—163 (10. VI.); 170—172 (20. VI.); 184—185, 19† (1. VII.).

9. *R. Greeff*, Ueber Doppelbrillen. Deut. opt. Wochensch. 1919, *[4.]* 308—309 (27. X.); 324—325, 2* (10. XI.).

Richtet man sich wie bei den früheren Darstellungen dieser Art nach der zeitlichen Ordnung der behandelten Gegenstände, so sind sowohl die ganzen alten Zeiten in 1 und 6 vertreten, wie auch das 17. und 18. Jahrhundert in 2—5, als auch die Neuzeit in 7—9.

In 1 macht *C. Müller* aus einer nicht mitgeteilten Quelle Angaben über alte Brillenpreise in Schilling und Denaren, hebt auch hervor, daß bereits 1495 Rechnungen über Brillen mit Zerstreuungsgläsern aufgestellt wurden, und führt die hohen Preise der von dem Kurfürsten August von Sachsen in den Jahren 1574 bis 1583 erstandenen Brillen an; hierüber hat *A. von Pflugk* kurz vor dem Kriege sehr genaue Nachweise veröffentlicht, doch sind die Preise in Talern und Gulden heute nicht ohne weiteres verständlich. Die Umrechnung erfolgt in 6, und es ergibt sich dabei, daß, auf den Wert unseres gesetzlichen Metallgeldes umgerechnet, die oberdeutschen einfachen Brillen um den Ausgang des 15. Jahrhunderts mit etwa 14 Pf. zu kaufen waren. Damit stimmt es gut überein, daß *A. Dürer*, 1520—21, auf seiner niederländischen Reise eine einfache Brille für 19 Pf. erstand. Die Brillen des sächsischen Kurfürsten sind damit gar nicht zu vergleichen; sie waren Prunkstücke in goldener Fassung und wurden im Auslande erstanden. Aus Venedig wurden solche zu etwa 260, 104, 55, 28 M. bezogen, aus London zu 62 M., doch kommen dazu 26 M. Frachtkosten von Hamburg nach Dresden. Nebenbei konnte bemerkt werden, daß man gegen den Ausgang des 18. Jahrhunderts in England mit goldenen Brillengestellen noch größeren Aufwand trieb. Preise von 344 M. für solch ein Stück sind bekannt geworden.

Was das 17. und 18. Jahrhundert angeht, so wird in 2 der Versuch gemacht, das Alter von *H. Sirturus* (s. diese Zeitschrift, Jahrgang 1917, 203) zu bestimmen; doch ist das Geburtsjahr nach 5 wohl merklich zu spät angesetzt worden. Vorderhand ist unsere Kenntnis über die Persönlichkeit dieses Mannes ungemein gering; auch aus den Titeln seiner Schriften, die in 2 angegeben werden, läßt sich kaum etwas Aufklärung schöpfen. In 3 wird die Geschichte des 1758 zu Graz gegründeten Rospinischen optischen Geschäfts geschildert und dabei die für unseren Zweck wichtige Bemerkung gemacht, daß der jetzige Inhaber dieses Hauses aus einer Optikerfamilie stamme, die sicher schon im Jahre 1700 zu den Perspektivmachern gehört habe. Damit wird eine Angabe gemacht, die früher (s. diese Zeitschrift, Jahrgang 1919, 210) vermutungsweise ausgesprochen wurde, denn damals konnte das Perspektivmacherhandwerk nur bis 1745 zurückverfolgt werden. Durch 3 angeregt, teilte *E. Müller* in 4 eine Abschrift aus einem alten Sammelwerk mit, in dem der Verfasser *Chr. Weigel* 1698 viele Einzelheiten über die verschiedenen Stände zusammengetragen hatte. Es ist hier von Wichtigkeit, daß damals in Regensburg der Perspektiv- und Brillenmacher unter den andern Gewerken bekannt war. Die optischen Angaben, die dort wiedergegeben sind, lassen den Sammler nicht

als besonders gut unterrichtet erkennen. Immerhin wird man danach vermuten können, daß das Perspektivmacherhandwerk in den oberdeutschen Städten noch weiter zurückgehe. Wie sich dieses Handwerk entwickelt haben mag, darauf wirft der folgende Abschnitt aus *C. A. Manzinis* um 1660 erschienenem Werk (s. diese Zeitschrift Jahrgang 1919, S. 209, Nr. 6) ein recht erwünschtes Licht. „In Venedig habe ich den Gebrauch dieser Poliergeräte von dem unten genannten Meister gelernt: er war schon ziemlich alt und war zuerst (wie er mir selber erzählte) Spiegelarbeiter gewesen, beschränkte sich dann auf die Herstellung von Linsen zu Fernrohren jeder Länge von 10 Quarten venezianischen Maßes abwärts (eine Quart beträgt etwa 5 Zoll [= 16 cm] unseres Bologneser Fußes) und gelangte zu einer solchen Fertigkeit, daß er sozusagen allein mit Linsen [239] versah, man könnte beinahe sagen, sämtliche venezianischen Brillenhändler, die Fernrohre zum Verkauf führten; infolge davon verbreiteten sie sich durch ganz Italien, durch ganz Europa, ja durch die ganze Welt, denn man nahm eine Menge für Spanien ab, sie von dort nach der neuen Welt zu verschiffen, auch kamen von allen Gegenden Schiffe an, brachten und holten Waren; daher machte dieser Mann keine andere Arbeit, sondern stellte Linsen aller Art her, hauptsächlich aber für Rohre mittlerer Länge, wie sie zur See und auf dem Lande bequem sind, und davon stellte er, wie ich sage, eine gute Zahl mit großem Vorteil her und setzte sie auch zu guten Preisen ab; er hieß *Domenico Rambottino* und lebte lange Zeit am Eingange einer Gasse in Frezzaria, die dort Calle del Carro genannt wird: ich habe also von ihm die ersten brauchbaren Regeln dieser Kunst erlernt, und darum möge er die Ehre haben, durch dies Buch als ein zuverlässiger und unermüdlicher Linsenschleifer empfohlen zu werden. Jener war wirklich ein unwissender Mann, aber in diesen Verfahren konnte er zu jener Zeit jeden belehren, wer es auch sei; obwohl es für ihn nötig war, da es ihm schlecht ging, seine Gläser zu geringem Preise abzusetzen und dabei zuweilen, wie er zu sagen pflegte, das Geschäft zugrunde zu richten."

Was nun die Arbeiten zur Neuzeit angeht, so setzt 7 die Untersuchungen über die Glasbrillen fort. Er hatte darüber bereits in der Deut. opt. Wochenschr. 1917 *[2]*, 403—406, berichtet, und es sind danach die ersten aus einem einzelnen Glasstück geschliffenen Zerstreuungsbrillen von dem Wiener *J. Waldstein* um 1840 hergestellt und 1843/44 in Rathenow nachgeahmt worden. Glasbrillen der heutigen Art, wo die Brücke und die Bügel an den durchlochten Gläsern angebracht wurden, gehen auf die Wiener Brillenmacher *C. Müller* und *W. Wintera* in den fünfziger Jahren zurück. Hier schließt 7 an und zeigt durch die Übersetzung eines französischen, dem Pariser Brillenmacher *Berthiot* 1846 erteilten Patents eine Übergangsform von der Waldsteinschen zur Müllerschen Form auf, die möglicherweise in Wien entwickelt, von *Berthiot* nach der Richtung von farbigen Schutzbrillen weitergebildet worden ist. — In 8 findet der Leser eine große Menge von Abbildungen zu Schießbrillen. Über den gleichen Gegenstand ist hier schon einmal (s. diese Zeitschrift Jahrgang 1917, S. 203/04) berichtet worden. Die zu jener Zeit angeführte Arbeit erfährt hier insofern eine erfreuliche Ergänzung, als manche Bilder zu den damals sorgfältig angegebenen Schutzschriften mitgeteilt werden. Die Zusätze in 8 sind von keiner großen Bedeutung; bei den Abbildungen von ausländischen Brillen vermißt man den Erfinder und genaue Angaben über Art und Zeit der ersten Veröffentlichung. — In 9 finden sich einzelne Angaben über Zusatzbrillen, sei es, daß sie als farbige Schutzgläser oder als schwachsammelnde oder zerstreuende Linsen gedacht sind, um durch Vorschlagen vor die Fern- oder durch Wegklappen von der Arbeitsbrille die Beschwerden der Alterssichtigkeit zu mindern. Die ersten Ansätze zu Einrichtungen dieser Art finden sich gegen das Ende des 18. Jahrhunderts, und sie gehen von England aus.

M. von Rohr, Jena.

Groß, R., Zur Theorie des Wachstums- und Lösungsvorganges kristalliner Materie. (Abh. math.-phys. Kl. sächs. Ges. d. Wiss. *35*, 137—202, 1918.)

Die Arbeit knüpft an die von *F. Becke* experimentell begründete und von *A. Johnsen* hervorgehobene Anschauung über die Formveränderung eines Kristalls beim Wachsen oder Lösen an. Danach hat jede Begrenzungsebene eines Kristalls für sich betrachtet die Fähigkeit, parallel mit sich selbst vorzurücken oder zurückzuweichen, je nachdem das angrenzende Lösungsmittel in bezug auf die Kristallsubstanz über- oder untersättigt ist. Es soll dabei nebensächlich sein, welche Neigung die Begrenzungsebene zu den Kristallachsen hat, ob sie natürlich oder künstlich entstanden ist. Nur durch das Tempo des Vorrückens oder Zurückweichens (Wachstums- bzw. Lösungsgeschwindigkeit) sollen sich die Flächen verschiedener Position unterscheiden, und zwar soll dieses Tempo unabhängig von der Größe des Kristalls während des Wachstums- oder Lösungsvorganges konstant bleiben, wenn nur die äußeren Umstände (Konzentration, Temperatur des Lösungsmittels, Rührgeschwindigkeit usw.) konstant gehalten werden können. Weitergehende Hypothesen (z. B. thermodynamische usw.) werden dabei außer acht gelassen, und welche Form ein Kristall uns nach dem Wachsen oder nach der Lösung zeigt, hängt lediglich ab von der als gegeben zu betrachtenden Verteilung der Wachstums- und Lösungsgeschwindigkeiten über die unendlich vielen möglichen Grenzflächenpositionen.

Es wird nun geometrisch-konstruktiv untersucht, ob alle am Kristall bisher beobachteten Formenentwicklungen (also die Bildung ebener Flächen, das Auftreten kleiner Fehleinstellungen, Vizinalen, Ausheilungsvorgänge, Entstehung von Lösungsgrübchen und Lösungshügeln) sich gleichsinnig auf das eine Prinzip zurückführen lassen und weiterhin, welche charakteristischen Züge die Verteilung der Wachstums- und Lösungsgeschwindigkeiten über die einzelnen Flächenpositionen aufweist.

Den Überblick über die Gesamtheit der Wachstums- und Lösungsgeschwindigkeiten ermöglicht eine geometrische Hilfsfigur (*Beckes* Lösungsoberfläche z. T.), die wir als Geschwindigkeitsfläche bezeichnen wollen. Sie setzt sich zusammen aus der Verbindung aller von einem Punkt aus in der entsprechenden Richtung und Größe angetragenen, am Kristall beobachtbaren Verschiebungsgeschwindigkeiten der Begrenzungsebenen. Sie ist für die konstant gehaltenen Bedingungen eines Wachstums- oder Lösungsvorganges jeweils besonders zu entwerfen.

Es erscheint zunächst als ein Wagnis, die Geschwindigkeitsfläche, wenigstens für die Lösung, an einem kugeligen Ausgangskörper bestimmen zu wollen. Die Kugel wird dabei als Kristall mit unzählig vielen Facetten aufgefaßt und jede Facette wie eine Kristallfläche endlicher Ausdehnung behandelt. Als die hier-

aus resultierenden Gesetzmäßigkeiten zum ersten Male abgeleitet wurden, waren quantitative experimentelle Prüfungen noch nicht angestellt. Unterdessen haben genaue Untersuchungen im Greifswalder und Hamburger Laboratorium die Zulässigkeit des Verfahrens für den Lösungsvorgang in vorzüglicher Weise dargetan. Eine besondere Schwierigkeit bei diesen Versuchen macht das genaue Konstanthalten der Rührgeschwindigkeit, d. h. der Schnelligkeit, mit der die verbrauchte (gesättigte) Lösung von der Kristalloberfläche entfernt und neue (ungesättigte) Lösung zugeführt wird. Für die Geschwindigkeitsflächen (sowohl des Wachstums wie der Lösung) ergeben sich, übereinstimmend bei allen Kristallen, höchst charakteristische Formen.

Bezeichnen wir die Neigung einer Begrenzungsebene des Kristalls zu den kristallographischen Achsen durch die in der Kristallographie üblichen Indices, so läßt sich generell aussagen, daß die Punkte der Geschwindigkeitsfläche um so tiefer eingesenkt erscheinen, je geringzahliger die zugeordneten Indices sind. Unendliche Länge der die Geschwindigkeitsfläche aufbauenden Fahrstrahlen wurde bis jetzt nirgends beobachtet. Mit dem Eingehen höherer Zahlen in die Indiceskombinationen entstehen hügelige Aufwölbungen der Geschwindigkeitsfläche, die immer feiner gefältelt erscheinen, je sorgfältiger die Untersuchung ausgeführt werden kann. Freilich bestimmt die Geringzahligkeit des Indices die Einsenkungstiefe des Punktes der Geschwindigkeitsfläche nicht allein. Verschiedene Faktoren bedingen eine Umordnung, die am gewachsenen Kristall als „Habitusveränderung" erscheint. Die vorzüglichen minimalen Fahrstrahlen der Geschwindigkeitsfläche des Wachstums stimmen der Lage nach mit den minimalen der Lösung überein. Besondere geometrische Konstruktionen lassen verstehen, daß bei geringer Abweichung des Wachstums vom normalen Verlauf statt der durch das Rationalitätsgesetz geforderten Lagen sehr winkelnahe für die Kristallflächen auftreten, die sogenannten Vizinalen. Es ist sonach möglich geworden, für die Oberfläche einer Kristallkugel Punkt für Punkt das Verhalten gegen eine bestimmte umgehende Lösung festzustellen und mit den gittergeometrischen Daten und den übrigen Eigenschaften (Adsorption usw.) zu vergleichen.

Autoreferat.

Schaefer, Clemens, Die Prinzipe der Dynamik. Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, 1919, 76 S. und 6 Fig. Preis M. 8.50.

Dieses Büchlein ist aus Vorlesungen des Breslauer Physikers hervorgegangen, die in Ergänzung des allgemeinen Mechanikkurses im S.-S. 1918 gehalten wurden. Zur eingehenden Entwicklung der mannigfachen Prinzipe der Mechanik fehlt erfahrungsgemäß leider in der „großen Vorlesung" die Zeit und man hat sich auf das Notwendigste zu beschränken. Meist wird man sich begnügen müssen, die Prinzipe für solche mechanische Systeme aufzustellen, die sich durch die einfachsten Bedingungsgleichungen auszeichnen. Gerade in diesem Punkt strebt der Verfasser Allgemeinheit an und arbeitet scharf den Unterschied heraus, den zeitlich konstante (skleronome) gegen zeitlich variable (rheonome), integrable (holonome) gegen nicht-integrable (nichtholonome) Bedingungsgleichungen mit sich bringen. Daß auch Meistern der Mechanik wie *H. Hertz* bei der Behandlung derart allgemeiner Systeme Irrtümer unterlaufen sind, zeigt die Berechtigung für eine systematische und strenge und darum leicht verständliche Darstellung des Gegenstandes.

D'Alemberts Prinzip der virtuellen Arbeit, *Hamiltons* Prinzip der stationären Wirkung, Lagrangesche Bewegungsgleichungen, die zusammenfassende Untersuchung von *Hölder* über die gemeinsamen Wurzeln der Variationsprinzipien, Hamilton-Jakobische Theorie, Gaußsches Prinzip des kleinsten Zwanges und die Gibbs-Appellsche Form der Bewegungsgleichungen — das sind die Stichworte, die dem Kundigen eine Vorstellung des reichen Inhalts dieses Büchleins geben mögen.

Zugleich mag dies Verzeichnis von Gegenständen der Behandlung zeigen, an welchen Kreis sich das Buch wendet: an Mathematiker, die ja die Mechanik auch als ihre Domäne betrachten, an Astronomen und an theoretische Physiker. Diesen letzteren ist es im Hinblick auf die Anwendungen, die gerade die schwierigeren Mechaniktheorien neuerdings in der Quantentheorie zur Berechnung der Planetensysteme der Atome erfahren, besonders willkommen, eine bequeme Darlegung der Grundlagen und Zusammenhänge in Händen zu haben. *P. P. Ewald, München.*

Nernst W., und Schoenflies A., Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften. Kurzgefaßtes Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung mit besonderer Berücksichtigung der Chemie. 9. Auflage. München und Berlin, R. Oldenbourg, 1919. XII, 446 S. und 86 Fig. Preis geh. M. 15,50; geb. M. 19,—.

Die 9. Auflage eines Lehrbuchs der Mathematik für den Chemiker ist ein gutes Zeichen der Zeit und des Buches. Die Zeit scheint endlich überwunden, wo der Chemiker der mathematischen Denkweise entbehren zu können glaubte, ja sie für seine Wissenschaft als eine nicht adäquate Denkweise betrachtete. Aus keinem anderen Buche haben wohl soviel Chemiker ihre Mathematik gelernt wie aus diesem. Dem Referenten sind nicht alle Auflagen bekannt; was ihm gegen frühere als neu hinzugekommen auffällt und mit Dank begrüßt werden muß, ist die Anwendung statistischer Rechnungsweisen (Berechnung der mittleren Weglänge der Gasmoleküle, Fehlerrechnung, Maxwells Verteilungssatz, Wahrscheinlichkeitsintegral), einige Beispiele höherer Differentialgleichungen; einiges über Vektoren; das allgemeine Integral der Wärmeleitung. Einer so hohen Auflage noch eine Empfehlung auf den Weg zu geben, erscheint überflüssig. *L. Michaelis, Berlin.*

Deutsche Meteorologische Gesellschaft.
(Berliner Zweigverein.)

In der Sitzung am 13. April sprach Dr. *Wussow* über **Häufigkeit und Verbreitung großer Tagesmengen des Niederschlages in Norddeutschland.** Der Vortragende hat aus dem Beobachtungsmaterial des preußischen Meteorologischen Instituts für das Jahrzehnt 1904—1913 die Messungen herausgesucht, welche innerhalb von 24 Stunden mehr als 50 mm Niederschlag ergeben hatten. Zur Ergänzung wurden einige Stationen mit 40-jähriger Beobachtungsreihe herangezogen. Insgesamt sind rund 4000 Fälle bearbeitet, die nach Stufen von $>$ 50, 75 und 100 mm und in 15 geographische Gruppen eingeteilt wurden. Hiernach sind Regenfälle von mehr als 50 mm am häufigsten in Schlesien (3,1 Fälle pro Station in 10 Jahren), am nächsthäufigsten in Westfalen und Hannover, am seltensten in Hessen-Nassau. An den Regenmengen von

> 100 mm ist Ostpreußen auffallend stark beteiligt. Östlich der Elbe hat die Häufigkeit solcher Regenfälle ein einziges Maximum in den Sommermonaten (kontinentaler Typus), während in Westdeutschland der ozeanische Einfluß durch ein sekundäres Maximum im Winter gekennzeichnet ist. Die Häufigkeit fällt mit zunehmender Tagesmenge sehr rasch — angenähert nach einer hyperbolischen Kurve — ab. In dem Zeitraum 1904/13 wurde die größte Tagesmenge in Wernigerode (230,8 mm am 8. 6. 1905) gemessen; dieser Betrag wurde in Norddeutschland nur einmal übertroffen (239 mm auf der Schneekoppe am 30. 7. 1897). Mit zunehmender Seehöhe wächst zunächst die Zahl der sehr starken Niederschläge, das sommerliche Häufigkeitsmaximum liegt wahrscheinlich zwischen 800 und 1400 m Höhe, während die Häufigkeit der winterlichen Regengüsse schon oberhalb von 500 m wieder abnimmt.

Die kartographische Eintragung der untersuchten Fälle zeigt deutlich einige Häufigkeitsgebiete. Schaltet man den Einfluß der Höhenlage aus, so heben sich als Gebiete positiver Anomalie hauptsächlich Ostpreußen zwischen Johannisburger und Romintener Heide, Riesen- und Isergebirge, der westliche Harz, das südöstliche Brandenburg und ein großer Teil des Rheinlandes heraus. Gebiete negativer Anomalie zeigen namentlich Westpreußen, die Odermündung, das nördliche Brandenburg, Mecklenburg und der südliche Thüringerwald. Im allgemeinen haben die Luvseiten der Gebirge positive, die Leeseiten negative Anomalie, je steiler das Gebirge, desto größer die Anomalie. Außer der Oberflächengestaltung wirkt die Bodenbeschaffenheit (besonders Moore und große Seengebiete) auf die Niederschlagsverteilung ein. An der Hand von Registrierkurven und kartographischen Darstellungen wurden schließlich einige bemerkenswerte Einzelfälle von starken Niederschlägen kurz besprochen.

In einer Sondersitzung am 20. April hielt Prof. Dr. *Wenger* (Leipzig) einen Vortrag über **Bau und Mechanik der Zyklonen und Antizyklonen und ihre Beziehungen zum allgemeinen Kreislauf der Atmosphäre.** Er ging aus von den Arbeiten der beiden *Bjerknes* (Vater und Sohn), welche gezeigt haben, daß sich in den meisten atmosphärischen Gebilden zwei besonders charakteristische Konvergenzstromlinien finden, für welche der Name Kurs- und Böenlinie vorgeschlagen ist[1]). Herr *Wenger* hat bestätigt gefunden, daß diese Konvergenzlinien prognostisch gut verwendbar sind, sofern reichhaltiges Beobachtungsmaterial vorhanden ist. Der Bau der Zyklone ist von *Bjerknes* für deren Mitte und nördliche Hälfte richtig wiedergegeben, ist jedoch namentlich im sogen. „warmen Sektor" ergänzungsbedürftig. Hier treten warme, in die Kurslinie einmündende „Querwinde" auf und außerdem Längswinde, die parallel zur Böenlinie laufen. An der Grenze tritt häufig ein Temperatursprung ein, und es entsteht dann der Eindruck einer Kurslinie, welche Herr *Wenger* als „falsche" Kurslinie bezeichnet; sie bildet sich vornehmlich dann, wenn die Hauptdepression in Norwegen liegen bleibt. An einer großen Zahl von Beispielen wurden verschiedene Formen solcher Konvergenzlinien und ihre Beziehung zu Niederschlagsgebieten erläutert.

Der Vortragende behandelte dann den Fall zweier aufeinander folgender Zyklonen, bei denen die Konvergenzlinien zwischen Längs- und Querwinden in enger Beziehung zu Nebel, dichtem Dunst und Gewitter stehen. Sehr wesentlich ist auch der Umstand, bis zu welcher Höhe sich die Kurslinie erstreckt. Nach *Bjerknes* verläuft die ihr entsprechende Grenzfläche steil aufwärts bis zur Cirrusregion, während die Böenfläche schon in geringer Höhe horizontal verläuft. Nach Herrn *Wenger* erreichen in Norddeutschland auch die Kursflächen nur ungefähr 3 km Höhe, um dann horizontal umzubiegen; sie sind nichts weiter als die Schnittflächen der Temperatur-Inversionslinien mit der Erde. Auf die meteorologischen Zustände in der Umgebung dieser Inversionen, insbesondere auf die meist oberhalb von ihr herrschende Lufttrockenheit, welche sich vielleicht ähnlich wie der wolkenfreie Raum dicht über der Erdoberfläche erklärt, ging der Vortragende näher ein. Je nachdem zwei aufeinander folgende Zyklonen zusammenhängende Böen- und Kurslinien haben oder durch eine „Luftscheide" getrennt sind, unterscheidet er kohärente und inkohärente Zyklonen analog einer ähnlichen Definition von *Schmauß*.

Die Antizyklonen sind Korrelate der Zyklonen. Entsprechend dieser Anschauung, aber entgegen der allgemeinen Annahme betonte der Vortragende, daß Zyklonen und Antizyklonen gleich schnell wandern. Der scheinbar schnellere Zug der ersteren kommt nur dadurch zustande, daß in der Statistik sekundäre Zyklonen überwiegen. Sehr ausführlich ging Herr *Wenger* auf die Entstehung der Zyklonen ein. In Ergänzung der Arbeiten von *Helmholtz*, *Margules* und *V. Bjerknes* gelangte er zu der Auffassung, daß Aufrollen der Diskontinuitätsflächen und Wirbelbildung nicht unbedingt notwendig für den Ursprung sind, sondern daß Wellenbildung genügt. Das Charakteristikum für Zyklonenbildung sind Wellen, die den schräg gestellten Diskontinuitätsflächen, welche sich in Kurs- und Böenlinien offenbaren, entlang laufen. Auf Grund dieser Anschauungen wurden die Bahnen der Zyklonen, ihre Erhaltungstendenz, die Ausbildung von Resonanzzyklonen, die Wetterregeln von *Guilbert* und *Großmann*, das periodische Auftreten im Winter u. dergl. erklärt. Die Diskontinuitätsflächen sind teils lokalen Ursprungs, teils Folgeerscheinungen der großen atmosphärischen Zirkulation. Mit einem Hinweis auf die prognostische Verwendbarkeit dieser Vorstellungen schloß der Vortrag. *Sü.*

[1]) Ein kurzes Referat über diese Untersuchungen von *Bjerknes* ist in dieser Zeitschrift 7, S. 449, 1919 enthalten.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Fachsitzung am 19. April 1920 hielt Herr Dr. *A. Herrmann* einen Vortrag mit Lichtbildern über die **Entwicklung des Kartenbildes von Tibet und Ostturkistan.** Ausgehend von *Sven Hedins* Erforschungsgeschichte von Südtibet (vergleiche dessen „Southern Tibet". Vol. I—III, Stockholm 1917 ff.), erweitert der Vortragende das Thema in seinen Hauptzügen auf ganz Tibet und dazu auf das nördlich angrenzende Ostturkistan, da beide Gebiete in früheren Perioden wiederholt als eine Einheit aufgefaßt sind; er gründet sich hierbei besonders auf eigene, meist aus chinesischen Texten und Karten geschöpfte Untersuchungen, die er in einem späteren Band von *Hedins* Werk veröffentlichen wird. Hierdurch soll zugleich die Geschichte der Kartographie von Süd- und Ostasien näher beleuchtet, umfassendes Material zu einem künftigen historischen Atlas von Asien geliefert, schließlich auch Probleme aus der physischen und politischen Geographie, z. B. über die Veränderung von Flußläufen und Seen, wie des Lopnor, über Wandlungen in den Grenzen und Siedelungen, aufgestellt werden.

An der Hand zahlreicher Karten der verschiedensten Zeitalter werden die ersten dunklen, mit Mythen vermischten Vorstellungen der alten Inder vom tibetischen Hochlande und ihre Nachwirkungen auf Chinesen und Griechen dargelegt, sodann die wiederholte Erforschung Ostturkistans durch die Chinesen seit der Han-Dynastie und ihre leider durch ein paar Fehler entstellte Verwertung bei dem griechischen Geographen *Ptolemäus*. Darauf folgt eine weitere Würdigung chinesischer Arbeiten, darunter zweier Karten vom Jahre 440 und 606, die der Vortragende aus Urtexten rekonstruiert hat; zum ersten Mal werden auch chinesisch-buddhistische Karten in europäischer Umschrift gezeigt, die in gewisser Weise mit den phantastischen Weltkarten des christlichen Mittelalters vergleichbar sind. Einen Rückschritt bedeuten dann die meisten europäischen Karten seit den Entdeckungen der Portugiesen bis zu den Chinakarten des Jesuitenpaters *Ricci*, da sie ihre verschiedenartigen Vorlagen, nämlich *Ptolemäus, Marco Polo*, buddhistische und rein chinesische Darstellungen, nicht miteinander in Einklang bringen können.

Erst die kritischen Karten des Franzosen *Delisle* (1705 und 1723), die die Forschungsergebnisse der Jesuitenmissionare zur Geltung bringen, sowie die auf türkisch-tartarischen Nachrichten und auf eigenen Reisen fußenden Karten der Schweden *Strahlenberg* (1730) und *Renat* (1733) schaffen Ordnung in dem Gewirr der Berge, Flüsse und Ortschaften Innerasiens, indem sie mehr oder minder glücklich Tibet und Ostturkistan voneinander und den anderen Gebieten durch Gebirgszüge abgrenzen und teilweise mit ganz neuen Namen ausfüllen.

Inzwischen läßt in Peking der Kaiser Kang-hi von gelehrten Jesuiten nach besonderen Landesaufnahmen jene Reichskarte in 1 : 1 Mill. herstellen, welche schon 1735 der Franzose *D'Anville* durch eine Übertragung für die europäische Wissenschaft nutzbar macht. Von nun an lernen wir durch wiederholte Neuausgaben derselben Reichskarte sowie durch besondere Monographien seitens der Chinesen Tibet und Ostturkistan im einzelnen immer besser kennen. Aber die Feststellung der wichtigsten Gebirgssysteme bleibt den Deutschen *A. v. Humboldt* und *F. v. Richthofen* vorbehalten, während *Klaproth* 1836 eine vierblättrige Karte Zentralasiens hinterläßt, welche hauptsächlich aus einer Neuauflage der Reichskarte, daneben aus türkischen und europäischen Berichten herausgewachsen ist. Seit den Gebrüdern *Schlagintweit* 1856 suchen europäische Forschungsreisende, besonders Engländer und Russen, das Klaprothsche Kartenbild vorwiegend nach der orographischen Seite zu ergänzen und zu erweitern. Ihren Höhepunkt gewinnt diese Art der Forschung in den vortrefflichen Routenkarten von *A. Stein* (Maßstab 1 : 253 440) und besonders von *Sven Hedin* (1 : 200 000), die der jetzt erscheinenden schönen Karte *Hedins* von Tibet und Ostturkistan in 1:1 Mill. ihr Gepräge geben. Aber in Zukunft werden uns fernerhin chinesische, tibetische und osttürkische Karten unentbehrlich sein, wenn es sich besonders um die Feststellung der geographischen Namen, der politischen Einteilung, der Verkehrs- und Siedelungsverhältnisse handelt. *A. Herrmann.*

In der Sitzung am 8. Mai 1920 hielt Kapitänleutnant a. D. *Herbert Straehler* einen Vortrag mit Lichtbildern: **Eine Reise von China nach Ostturkestan im Kriege.** Der Vortragende unternahm nach der Flucht aus japanischer Gefangenschaft zusammen mit dem letzten Kommandanten des „Iltis", Kapitän zur See *Sachsse*, im Jahre 1916 den Versuch, quer durch China und Ostturkestan nach Afghanistan zu gelangen. Mitte Januar begaben sich beide Herren von Nan-king[1]) am unteren Jang-tse-kiang nach Kai-föng am Hwang-ho. Auf der sogenannten Seidenstraße führte der Weg dann über 2700 m hohe Pässe, auf denen die Temperatur bis — 31 ° sank, nach Tung-kwan, das an jenem scharfen Knick des Hwang-ho liegt, wo dessen Lauf an der Berührungsstelle der drei Provinzen Schen-si, Schan-si und Ho-nan aus der Süd- in die Ostrichtung umbiegt. Dann ging es westwärts im Tale des Wei-ho über Hsi-ngan durch eine fruchtbare, stark zerklüftete und von tiefen Schluchten durchzogene Gegend, in der man oft durch 60 cm tiefen Lößstaub waten mußte, über Ping-liang nach Lan-tschou, der Hauptstadt der Provinz Kansu, einer großen, hochummauerten Stadt in dem breiten Tale des Hwang-ho. In dem 10 km langen und 4 km breiten Lößtale hat der im Winter 250, im April dagegen 2000 m breite Hwang-ho 3 Zuflüsse, den Tatung-ho, den Ping-fan-ho und den Tau-ho. Um die damalige Zeit des chinesischen Neujahrs, das diesmal auf den 3. Februar fiel, waren die Flüsse fest zugefroren. Am Nordosthange des Nan-schan ging es dann meist durch öde Steppenlandschaft mit bergigem Einschlag längs der mehr als 2 Jahrtausende alten chinesischen Mauer über Liang-tschou und Kan-tschou nach Su-tschou, der westlichsten größeren Stadt des eigentlichen China. Hier macht sich der muhammedanische Einfluß der Schantus, einer Abart der Dagataitürken, schon stark bemerkbar. In der Folgezeit traf man öfters große Kamelkarawanen, oft zu 300 Tieren, meist mit Baumwolle beladen. Hinter An-hsi-tschou betrat man die Wüste und sah nun 10 Tage lang keinen Baum. Luftspiegelungen zeigten oft die schönsten Landschaftsbilder, die sich dann als trügerisch erwiesen. Das Wasser war meist salzig, zum Feueranmachen war meist nur dürres Tamariskengebüsch vorhanden. Von Wild herrschten die zahlreichen Antilopen vor. Zwei Tage vor Hami passierte man die Grenze von Ostturkestan, der unter chinesischer Oberhoheit stehenden Provinz Hsin-kiang. Seit 1878, nach dem großen Muhammedaneraufstande, wurde diese 22. Provinz in straffere Verbindung mit China genommen. Man ist erstaunt, zu sehen, wie in diesem Lande, das seiner ganzen Natur und Bevölkerung nach zu den Nebenländern gehört, die in der Minderzahl vorhandenen Chinesen die Herrschaft führen. In kluger Berechnung haben sie die Abkommen der früheren Machthaber türkischer Abkunft mit allen äußeren Ehren, aber ohne Rechte und Pflichten, im Lande belassen. Unter Oberhoheit der chinesischen Gouverneure, der Ambans, leiten Begs ihre muhammedanischen Gemeinden, sind muhammedanische Sitten und Gebräuche maßgebend. Allerdings sind auch die in Ostturkestan wohnenden Chinesen meist Muhammedaner. Dem von hohen Schneegipfeln gekrönten Thian-Schan im NW entgegen ritten die Reisenden von Oase zu Oase. In einer derselben, Pitschang, die durch mehrere tief unter der Erde in künstlichen Kanälen ins Land geleiteten Abflüsse des Thian-Schan sehr gut bewährt war, zweigte der Weg nach SSW ab, nach der Oase Luktschun, die mehr als 100 m tiefer liegt wie der Meeresspiegel. Auf dem Ritt von dort nach Turfan sah man zahlreiche Ruinen, unter anderen die der großen um-

[1]) Alle Ortsnamen sind in der Schreibweise von *Stielers* Handatlas, 9. Auflage, angeführt.

wallten Stadt Adana. Die einst fruchtbare Gegend ist durch Sinken des Grundwassers und Versiegen der Flüsse verödet. Ein großer Teil der Ruinen ist unter teilweise 100 m hohen Sanddünen begraben. Die Deutschen *Lecoq* und *Mayer* haben sie 1900/02 näher erforscht. Turfan hatte einen ausgesprochen russischen Einschlag. Vor allem wurde Baumwolle und russisches Zuckerwerk verladen. Im Bazar hörte man fast nur die russische Sprache. Durch Wüste und Felswege ging der Ritt nach Karaschar, wo die Reise am 14. April ihr Ende erreichte, weil der chinesische Amban von Peking den Befehl erhalten hatte, die Weiterreise nicht zu gestatten. Schweren Herzens entschlossen sich die Reisenden daher zur Umkehr. Anfang Juni war Lan-tschou wieder erreicht, das einen ganz anderen Eindruck im Sommergewande der gut bebauten Umgebung machte. Die vielen Tabakfelder standen hoch im Kraut, und die weiten Ackerflächen und Obstgärten grünten und blühten. Im Februar hatte im wilden Festtrubel des chinesischen Neujahrs jede produktive Tätigkeit in der Stadt geruht. Jetzt wickelte sich ein reges Geschäftsleben ab. Ein glücklicher Zufall gestattete die Fortsetzung der Reise stromabwärts auf einem mit Töpferwaren beladenen Floß bis Tschung-wei (37½° Nord), von da im Boot bis Pau-tu, nahe der nördlichsten Stelle des Hwang-ho. Diese Stromfahrt bot viel des Interessanten. An den Ufern standen Wasserschöpfräder mit einem Durchmesser oft von 10—15 m. Nach dem Eintritt in einen Ausläufer des Nan-Schan verengte sich der Flußlauf, und das Wasser schoß in brausender Fahrt, mit 5 bis 6 m. p. s., durch die Felsschnellen dahin. Die Chinesen verstanden es jedoch glänzend, das Floß im Strome zu halten. Später wurde die Gegend eintönig, Sandwüste und Steppe herrschten vor. Die Orte, vor allem die größeren Städte wie Ning-hsia, lagen wegen der Überschwemmungsgefahr des Frühjahrs 3—4 km vom Flusse entfernt. Beim Austritt des Stromes aus den Felsen des Nan-schan arbeiteten Goldwäscher, die aber keine nennbaren Erfolge zu verzeichnen hatten, trotzdem der Fluß in seinem Unterlauf „Fluß des goldenen Sandes“ heißt. In den Bergen tummelten sich zahllose Steinböcke. Enten, Gänse und Reiher boten gute Jagdgelegenheit. Bis zu 1½ m lange Fische, eine Art Schlammbeißer, waren als schmackhaftes Gericht willkommen. Sonderbar nahmen sich 1—2 qm große, aus 8—14 aufgeblasenen Schweinsblasen gebildete Flösse aus, auf denen die Chinesen hockten. In Pau-tu, das auch 3—4 km landeinwärts liegt, hat die Schiffahrt ein Ende, weil der Strom im Unterlauf zu flach wird. Hunderte von Booten lagen am Ufer, die flußaufwärts getreidelt werden. Die letzte Strecke zwischen Pau-tu und der nächsten östlich gelegenen Eisenbahnstation, die mit Karren zurückgelegt werden mußte, war reich bevölkert, die Landstraßen belebt. Große Rinder- und Pferdeherden erinnerten daran, daß sich hier ein Haupttierzuchtgebiet Chinas befindet. Anfang Juli trafen die Reisenden in Schanghai ein. Die ganze Reise hatte 167 Tage gedauert, von denen nur 8 Ruhetage waren. Die zurückgelegte Entfernung betrug rund 10 000 km, also ein Viertel des Erdumfanges, so daß eine tägliche Durchschnittsleistung von 60 km erzielt wurde. *O. B.*

In der Fachsitzung am 17. Mai 1920 hielt Herr Regierungs- und Bergrat Dr. *P. Range* einen Vortrag mit Lichtbildern über **die Wüste des Isthmus von Suez,** die er während des Krieges 1915 bis 1916 näher untersucht hatte. Das beste topographische Material über das Gebiet bieten die von den Engländern 1906 bis 1914 aufgenommenen Karten im Maßstabe 1 : 125 000. Eine lange, schmale Nehrung gliedert an der Nordküste den großen Sirbonischen Strandsee ab, der im August 1916 fast ganz ausgetrocknet war. Das einzige größere Entwässerungssystem ist das Wadi Arisch, dessen rechte Zuflüsse zum Teil aus den Grenzgebirgen des südlichen Palästina kommen. Der weitaus größere Teil des auf der Sinaihalbinsel fallenden Regens aber gelangt nicht bis ins Meer. Abflußlose Becken (Bolsone) finden sich häufig. Der geologische Aufbau ist recht kompliziert. Die Juraschichten des Untergrundes treten nur in dem bis 762 m hohen Magaragebirge, das etwa 100 km südlich des Sirbonischen Sees liegt, in einigen sogenannten Fenstern zutage. Überlagert wird der Jura von Schichten der Kreideformation, die zu unterst aus nubischem Sandstein und darüber aus Ablagerungen des Cenoman und Turon bestehen, welche im wesentlichen die Bergzüge aufbauen. Die Oberfläche der Ebenen der inneren Wüste erhält ihren Charakter durch die dem Senon angehörende weiße Schreibkreide, die von Feuersteinbänken in 15- bis 20-fachem Wechsel, vereinzelt auch von Basalten, durchsetzt ist. Jüngere Meeresablagerungen ziehen sich von der Küste bis zu den Magarabergen, wo sie noch in Höhen von 200 m vorkommen. Vielfach tritt Löß auf, der einen bescheidenen Ackerbau ermöglicht. Sanddünen, die bis 80 m Höhe erreichen können, kommen sowohl in Form von Sicheldünen (Barchanen) wie Walldünen vor.

Ungünstig ist die Durchlässigkeit der Gesteine, welche die gar nicht so geringen Winterniederschläge versickern lassen. Nur im Norden findet sich über den undurchlässigen Tonschichten des Nildeltas und des Sirbonischen Sees eine Grundwasserschicht, die das Vorkommen von etwa 30—40 000 Dattelpalmen ermöglicht. Die jährliche Niederschlagsmenge beträgt bei Gaza etwa 400 mm, Port Said 82, Ismailia 53, Suez 37 mm. Zu Hemme im Innern der Wüste, 4 km südlich der Magaraberge, wurden 87 mm gemessen, 100 mm Niederschlag bilden etwa die Grenze, oberhalb deren die Beduinen noch eine Ernte erzielen. Im allgemeinen ist die Wüste baumlos, nur in den Wadis finden sich häufig Tamarisken, in den Gebirgen eine Akazie und ein zedernartiger Wacholderstrauch. Noch ärmer als die Flora ist die Tierwelt, weil die Beduinen rücksichtslose Aasjäger sind. Es kommen vor: Schakale und Hyänen, Antilopen, Steinböcke, Stachelschweine, Springmäuse, große Aasgeier und kleine Falken, Wachteln, die in großer Menge gefangen werden, Raben, Spatzen, Hornvipern, Brillenschlangen, Skarabäen, bis zu 10 cm lange Skorpione und Heuschrecken, die 1915 in Palästina die halbe Ernte vernichteten und alle 30 bis 40 Jahre auftreten sollen. Von Haustieren bildet das Kamel den Hauptreichtum der Beduinen. Daneben werden Esel, Schafe, Ziegen und Hunde gehalten. Auf je 3 qkm kommt ein Kamel und ein Stück Kleinvieh.

Die seit altersher hier ansässigen Beduinen sind die unbeschränkten Herren der Wüste. Vielfache Blutmischung hat zum Teil negerhafte Typen geschaffen. Die etwa 4000 bis 5000 Köpfe starke Bevölkerung zerfällt in 16 Stämme mit stark ausgeprägtem Unabhängigkeitsgefühl, von denen jeder ein ziemlich genau umgrenztes Gebiet bewohnt, das nur im Notfall verlassen wird. Eine Art von nomadisierendem Ackerbau, der durch die Winterregen ermöglicht wird, findet sich bis weit in die Wüste hinein. In der senonen Schreib-

kreide werden häufig Zisternen angelegt, deren Wände durch Ausschmieren mit Ton abgedichtet sind. Es gibt nur zwei ständig bewohnte Orte: Arisch an der Küste, das schon seit dem 10. Jahrhundert vor Chr. besteht, mit 7500 Einwohnern und Nakl, 150 km südlich von diesem, an der Südgrenze des Gebietes, inmitten einer völlig vegetationslosen Steinwüste. Dieser Ort mit 800 Einwohnern liegt auf der Straße der Mekkapilger, halbwegs zwischen Suez und Akaba, und ist wahrscheinlich erst eine arabische Gründung. Vielfach finden sich in der Wüste prähistorische Reste. Interessant ist der Abbau auf Malachit in Maghara im eigentlichen Sinaigebiet, der schon seit 3000—1500 vor Chr. von Ägyptern betrieben wurde und somit *das älteste beglaubigte Bergbauunternehmen auf der Erde* sein dürfte. *O. B.*

Astronomische Mitteilungen.

Zur Statistik der δ Cephei-Sterne. Die normale Form eines gewöhnlichen δ Cephei-Veränderlichen hat einen mehr oder weniger steilen Anstieg der Helligkeit vom Minimum zum Maximum und einen sanften Abfall der Helligkeit vom Maximum zum Minimum. Von den nahe verwandten Veränderlichen vom ζ Geminorum und vom Antalgoltypus haben die ersteren symmetrische Kurven, die letzteren dagegen Kurven mit extrem steilem Anstieg. Die Perioden der gewöhnlichen δ Cephei-Sterne haben ein Häufigkeitsmaximum bei etwa 5 Tagen, die der Antalgolsterne bei etwa 0,5 Tagen, während die Zahl der ζ Geminorum-Sterne noch zu gering für statistische Untersuchungen ist. *Ludendorff* unterwirft nun in Astr. Nachr. 5006 die *Form* der Lichtkurven dieser Veränderlichen einer statistischen Betrachtung. Als Maß für die Asymmetrie kann man die Größe $\varepsilon = \frac{M-m}{P}$ betrachten, worin $M-m$ die Zeit vom Minimum bis zum Maximum der Helligkeit, P die Periode des Lichtwechsels bezeichnet. Liegt das Minimum gleichweit von den umschließenden beiden Maxima entfernt, so ist $\varepsilon = 0{,}50$; je steiler der Anstieg der Helligkeit, desto kleiner ist ε. Trägt man diese Größen ε, die für 91 Sterne mit Perioden zwischen 1 und 30 Tagen bekannt sind, mit dem Argument P als Abszisse in ein Koordinatennetz ein, so zeigt sich eine auffallend ungleichmäßige Verteilung der ε. Bei Sternen mit Perioden zwischen 9 und 13 Tagen kommen Lichtkurven, für die ε kleiner als 0.3 ist, nicht vor, während für die übrigen Periodenwerte die ε erträglich gleichmäßig über das von ihnen bedeckte Intervall verteilt sind. Mit anderen Worten, die Größen ε sind durchschnittlich für die kürzesten Perioden am kleinsten und nehmen mit zunehmender Periodenlänge zu, bis P etwa gleich 11 Tage ist. Mit noch weiter anwachsender Periodenlänge nimmt ε wieder ab. Die δ Cephei-Sterne mit Perioden, die kleiner als 1 Tag sind, also im wesentlichen die Antalgolsterne, fügen sich dieser Gesetzmäßigkeit ein, für sie hat ε durchschnittlich den kleinsten Wert.

Eine weitere wichtige Gesetzmäßigkeit ergab sich bei der Vergleichung der Größen ε mit dem Abstand der Veränderlichen von der Milchstraße, der galaktischen Breite β. Man hat bereits früher erkannt, daß die δ Cephei-Sterne mit ganz kurzer Periode (kleiner als 1 Tag) gleichmäßig über den Himmel verteilt sind, daß dagegen diejenigen mit Perioden von 2 bis 30 Tagen sich sehr stark gegen die Milchstraße zusammendrängen, so daß kaum ein δ Cephei-Stern in größerer Entfernung von der Milchstraße gefunden wird. Die Vergleichung der Größen ε mit β ergab, daß mit zunehmendem ε der durchschnittliche Abstand der Sterne von der Milchstraße abnimmt. Es ist z. B. für $\varepsilon = 0{,}13$ bis 0,16 der mittlere Abstand $\beta_m = 0{,}7°$, für $\varepsilon = 0{,}25$ bis 0,28 $\beta = 4{,}0°$, für $\varepsilon = 0{,}45$ bis 0,48 $\beta_m = 7{,}7°$, für $\varepsilon > 0{,}48$ $\beta_m = 13{,}1°$. Für die Sterne mit ganz kurzen Perioden (kleiner als 2 Tage) scheint kein Zusammenhang zwischen ε und β zu bestehen. Diese letzteren Sterne zeigen aber noch eine andere Eigentümlichkeit. Ihre scheinbare Helligkeit ist im Durchschnitt um so geringer, je weiter sie von der Milchstraße entfernt sind. Bei den Sternen mit P größer als 2 Tage ist das von vornherein zu erwartende entgegengesetzte Verhalten angedeutet.

Neue spektroskopische Bahnelemente von S Sagittae und SU Cygni. Die Zahl der Veränderlichen vom δ Cephei- und verwandten Typus, für die eine eingehende Untersuchung ihrer periodischen Linienverschiebungen vorliegt, ist immer noch sehr gering. In A. N. 5021 fügt ihr *Hellerich* die beiden δ Cephei-Sterne S Sagittae und SU Cygni hinzu, für die bisher nur vorläufige Bestimmungen vorlagen. Die Radialgeschwindigkeitsbestimmungen sind von der Lick-Sternwarte zur Verfügung gestellt worden. Ohne Rücksicht auf die Zweifel, die gegenwärtig der Deutung der periodischen Linienverschiebungen als Folge der Bahnbewegung in einem engen Doppelsternsystem mit der gleichen Umlaufszeit wie die Periode des Lichtwechsels entgegengebracht werden, sucht man nach wie vor die Linienverschiebungen durch eine elliptische Bahnbewegung darzustellen. Die vorliegenden Sterne haben beide die Eigentümlichkeit, daß ihre Radialgeschwindigkeit außer der periodischen Schwankung einen mit der Zeit fortschreitenden Gang zeigen, wenigstens innerhalb der von den Beobachtungen bedeckten kurzen Zeitspanne von 134 bzw. 117 Tagen. Wahrscheinlich handelt es sich um eine Erscheinung von längerer Periode, über deren Charakter sich zurzeit nichts Bestimmtes aussagen läßt, da mindestens drei a priori gleich wahrscheinliche Erklärungsmöglichkeiten vorliegen. In jedem Falle aber sind sie für die Theorie dieser Klasse von Veränderlichen von großer Bedeutung.

Die Bahnelemente ergeben sich durchaus mit den für δ Cephei-Sterne typischen Eigentümlichkeiten — große Exzentrizität, Periastron in der Nähe von 90 °, kleine Massenfunktion usw. Die Vergleichung mit einer von *Ludendorff* aufgestellten Beziehung zwischen den Bahnelementen von δ Cephei- und verwandten Sternen ergab, das SU Cygni zu den δ Cephei-Sternen, S Sagittae dagegen zu den ζ Geminorum-Sternen zu rechnen ist, trotzdem seine Lichtkurve, die durch ein starkes sekundäres Maximum ausgezeichnet ist, mehr der ersteren Gruppe ähnlich ist. S Sagittae fällt auch dadurch auf, daß das Helligkeitsmaximum *nach* dem Knotendurchgang stattfindet, während es bei den übrigen δ Cephei-Sternen im allgemeinen *vor* demselben liegt. Jedoch ist dieses Verhalten wegen der noch bestehenden Unsicherheit der Bahnelemente nicht zweifellos gesichert. *Guthnick.*

Über die Eigenbewegungen der Fixsterne. Den beiden bekannten Hypothesen über die Eigenbewegungen der Fixsterne, der Kapteyn-Eddingtonschen Zweischwarmhypothese und der Ellipsoidhypothese *Schwarzschilds* und *Charliers*, würde von *S. Oppenheim* eine dritte gegenübergestellt, nach der die in den Spezialbewegungen der Fixsterne festgestellten Gesetzmäßigkeiten den gleichen systematischen Charakter aufweisen wie jene, die sich im geozentrischen Lauf des Schwarmes der kleinen Planeten vorfinden. Es ist hochinteressant,

wie der Verfasser in einer Reihe kleinerer und größerer Arbeiten, von ganz einfachen Annahmen ausgehend, seine Hypothese in immer reicherem Maße ausgestaltet hat. Der hier zur Verfügung stehende Raum erlaubt es nicht, diesen Werdegang im einzelnen zu verfolgen; auch dürfte wohl der Verfasser am meisten dazu berufen sein, ihn den Lesern der *Naturwissenschaften* vor Augen zu führen. Es seien daher nur kurz die Resultate erwähnt, die sich auf Grund der Oppenheimschen Arbeiten ergeben:

Die konstatierten Gesetzmäßigkeiten in der Anordnung der Sterngeschwindigkeiten zeigen die gleichen systematischen Charakterzüge, wie sie in dem geozentrischen Lauf der kleinen Planeten auftreten; es ist also, sowie zu deren Erklärung die Annahme einer exzentrischen Stellung der Erde gegenüber der Sonne genügt, auch die gleiche einfache Annahme einer exzentrischen Stellung der Sonne gegenüber dem Schwerpunkt des betrachteten Sternsystems für die Bewegungen in ihm maßgebend. Eine harmonische Analyse der Eigenbewegungen der Sterne in Rektaszension, ferner ihrer Radialbewegungen und endlich der Sternzahlen von einer bestimmten Richtung ihrer Eigenbewegung brachte den Nachweis, daß alle diese Größen von einer einzigen Hauptrichtung, nämlich der nach dem Apex der Sonnenbewegung abhängen, und daß sonst keine anderen irgendwie von den Sternen in ihren Bewegungen bevorzugten Richtungen vorhanden sind. Weiter wird die Annahme gemacht, daß sich das Sternsystem, was seine inneren Bewegungen anlangt, ganz analog verhalte wie ein Gas mit den verworrenen, nur durch das Gesetz des Zufalls bestimmten Bewegungen der Moleküle, daß jedoch der Anblick dieser Bewegungen nicht vom Schwerpunkt des Systems aus erfolge, sondern von einem exzentrisch liegenden Standpunkt aus und dadurch schon jene eigentümlichen Gesetzmäßigkeiten entstehen, die nach den neuen Untersuchungen über die Eigenbewegungen der Sterne in ihnen vorhanden sein sollen. Dem Vertex kommt nach *Oppenheim* keine reale Bedeutung zu, sondern er wird uns nur vorgetäuscht, einerseits durch die exzentrische Stellung der Sonne innerhalb der Fixsterne, andererseits durch die Tatsache, daß die Bahnen der Sterne nicht in der Milchstraße liegen; er ist nichts anderes als die Projektion der in der Bahnebene liegenden Zentrumsrichtung nach dem Schwerpunkt des Systems auf die Milchstraße. Diese ist als die Ebene der größten Sternfülle anzusehen und wahrscheinlich ein Schwarm von Sternen, der ganz analog ist dem Schwarm der kleinen Planeten, in dem also alle Bewegungen gleichsinnig stattfinden, die Sonne eine exzentrische Stellung inne hat und, weil sie dem Zentrum des Schwarmes näher steht, eine raschere Bewegung besitzt als die anderen Sterne, von dem aber weiter zwei Äste in nördlicher und südlicher Richtung ausstrahlen. *Oppenheim* legte die Resultate seiner Forschung in sechs kleineren in den Astron. Nachr. erschienenen Aufsätzen und in einer Reihe von fünf groß angelegten, Abhandlungen nieder, die unter dem Titel: „Über die Eigenbewegungen der Fixsterne" (vier Mitteilungen) und „Statistische Untersuchungen über die Eigenbewegungen der kleinen Planeten" in den Denkschriften der Wiener Akademie veröffentlicht wurden.

Referent versuchte in einer unter dem Titel: **Die Ellipsoidhypothese in den Spezialbewegungen der Fixsterne** in den Astr. Nachr. *210*, 249, erschienenen Arbeit die Schwarzschildsche Annahme, nach der das Verteilungsellipsoid der Spezialgeschwindigkeiten der Fixsterne eine Rotationsfigur wäre, dahin zu erweitern, daß ein dreiachsiges Ellipsoid der Geschwindigkeitsverteilung zugrunde liegt. Die bestimmenden Konstanten sollten, wie bei *Schwarzschild*, nur aus den Eddingtonschen Abzählungen der Sterne nach dem Positionswinkel ihrer Eigenbewegungen berechnet werden, also im Gegensatz zu *C. V. L. Charlier* und seinen Schülern ohne Kenntnis der Größe der Eigenbewegungen. Die mathematische Lösung der Aufgabe glückte vollkommen, jedoch zeigte es sich bei der numerischen Durchführung, daß die dabei nach dem Schwarzschildschen Muster gehaltene Rechnungsgenauigkeit nicht hinreicht, um die gewünschten Daten mit genügender Sicherheit zu bestimmen. *J. Lense, Wien.*

Eine neue astronomische Zeitschrift. Obwohl die drei nordischen Königreiche nur über bescheiden ausgerüstete Sternwarten verfügen, herrscht in ihnen doch ein außerordentlich reges Leben auf astronomischem Gebiete, und Männer wie *Strömgren* in Kopenhagen, *Charlier* in Lund, *Bohlin* in Stockholm, *Bergstrand* und *von Zeipel* in Upsala sowie mehrere andere erfreuen sich unter den Fachgenossen eines hohen und berechtigten Ansehens. Im Jahre 1916 haben sich die Astronomen und zahlreiche Liebhaber der Astronomie in Dänemark zu der „Astronomisk Selskab" vereinigt, der auch viele Norweger und Schweden beigetreten sind, und deren Vorsitzender zurzeit der hauptsächlich durch seine Untersuchungen über Bewegung und Ursprung der Kometen und über das Dreikörperproblem bekannte Professor *Strömgren* in Kopenhagen ist. Seit Beginn des laufenden Jahres gibt die Gesellschaft die allgemeinverständlich gehaltene Zeitschrift *Nordisk Astronomisk Tidsskrift* (Udgivet af Astronomisk Selskab Kobenhavn) heraus, von der jetzt die beiden ersten Nummern (jährlich sollen deren vier erscheinen) vorliegen. Ihr Inhalt ist recht vielversprechend, und wenn die künftigen Nummern von gleicher Qualität sind, so muß man es bedauern, daß der Verbreitung der Zeitschrift durch die Sprachen, in denen sie erscheint, verhältnismäßig enge Grenzen gezogen sind. Der erste Aufsatz (schwedisch) von *Strömgren* beschäftigt sich in fesselnder Darstellung mit *Eddingtons* Untersuchungen über die Konstitution der Sterne, die auch in den „Naturwissenschaften" (1919, S. 65 und 89) gewürdigt worden sind. Es folgen ein kurzer Aufsatz (dänisch) von Frl. *Vinter Hansen* über die Temperatur der Sterne und eine dänische Übersetzung eines Vortrages von *Eddington* über Schwerkraft und Relativitätsprinzip sowie kleine Mitteilungen. Vom Inhalte des zweiten Heftes erwähnen wir nur eine schwedische Abhandlung *Bergstrands* über die Ausdehnung des Weltalls und eine dänische von *Strömgren* über den Ursprung der Kometen, in welcher der Verfasser in leicht verständlicher Weise über seine eigenen Untersuchungen berichtet.

Aus dieser kurzen Inhaltsangabe ist zu ersehen, daß es vorwiegend die modernsten Probleme der Astronomie sind, für die die neue Zeitschrift bei ihren Lesern Verständnis zu erwecken versucht. Die Ausstattung kann musterhaft genannt werden. Die Schriftleitung ruht in den Händen von Frl. Mag. scient. *Vinter Hansen* (Kopenhagen), Prof. *Schroeter* (Kristiania) und Dozent *Gyllenberg* (Lund); nachträglich ist als Vertreter Finnlands Prof. *Furuhjelm* (Helsingfors) in die Redaktion eingetreten.

H. Ludendorff, Potsdam.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 28. (Seite 541—570) **9. Juli 1920.** **Achter Jahrgang.**

DEM ANDENKEN

AN

OTTO BÜTSCHLI

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 26.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—

Anzeigen werden zum Preise von 1,50 Mk. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—58. Telegrammadresse: Springerbuch
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Vorlesungen über vergleichende Anatomie

von

Otto Bütschli

Professor der Zoologie in Heidelberg

1. Lieferung:

Einleitung; vergleichende Anatomie der Protozoen; Integument und Skelet der Metazoen

Mit Textfiguren 1—264

Preis M. 12.— (und Teuerungszuschläge)

2. Lieferung:

Allgemeine Körper- und Bewegungsmuskulatur; elektrische Organe und Nervensystem

Mit den Textfiguren 265—451

Preis M. 9.— (und Teuerungszuschläge)

3. Lieferung:

Sinnesorgane und Leuchtorgane

Mit Textfiguren 452—722

Unter der Presse

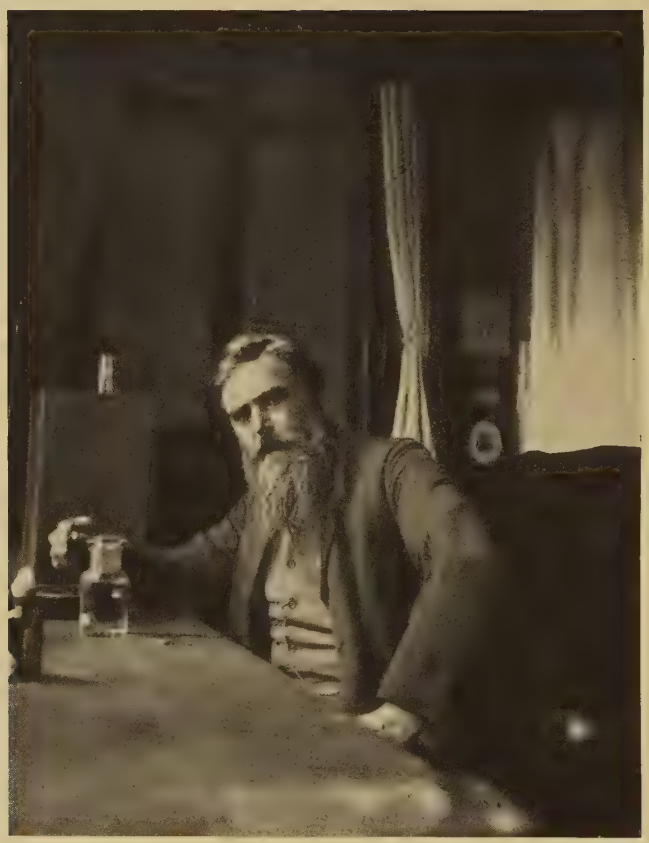
4. Lieferung:

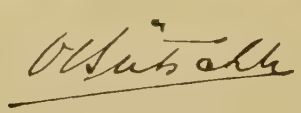
Ernährungsorgane

In Vorbereitung

(Siehe auch S. 567—570 dieser Nummer!)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung





DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 9. Juli 1920. Heft 28.

DEM ANDENKEN

AN

OTTO BÜTSCHLI

Inhalt:

Seite

Otto Bütschli 1848—1920. Von *Richard Goldschmidt, Berlin-Dahlem* 543

Otto Bütschlis Wabentheorie. Von *L. Rhumbler, Hann. Münden* 549

Otto Bütschli und das Befruchtungs- und Todproblem. Von *Max Hartmann, Berlin-Dahlem* 555

Otto Bütschli als Protozoenforscher. Von *Clara Hamburger, Heidelberg* 559

Über Bütschlis Erklärung der karyokinetischen Figur. Von *Josef Spek, Heidelberg* . . 561

Otto Bütschli als Kolloidchemiker. Von *H. Freundlich, Berlin-Dahlem* 562

Otto Bütschlis Verhältnis zur Kristallographie und Mineralogie. Von *V. Goldschmidt, Heidelberg* 564

Veröffentlichungen von Otto Bütschli. Zusammengestellt von *Clara Hamburger, Heidelberg* 567

Otto Bütschli 1848—1920.

Von Richard Goldschmidt, Berlin-Dahlem.

Immer mehr lichtet sich der Kreis der großen Führer der Biologie, die in den 40 Jahren nach *Darwin* die neuen Grundlagen unserer Wissenschaft schufen, auf denen sich jetzt ein so stolzes Gebäude erhebt. Gleichzeitig mit *Pfeffer* folgte nun den schon vorangegangenen *Häckel, Weismann, Strasburger, Boveri* auch *Otto Bütschli* im nicht ganz vollendeten 72. Lebensjahr nach kurzer Krankheit in den Tod. Kein ungewöhnlich hohes Alter, und doch, wie unendlich weit scheint uns die Zeit zurückzuliegen, als sich der junge *Bütschli* seine ersten Lorbeeren mit Entdeckungen verdiente, die heute an der Basis jeden biologischen Wissens liegen! Wenn wir es nicht wüßten, erschiene es kaum glaublich, daß gestern noch der eigentliche Entdecker der mitotischen Zellteilung unter uns weilte, der Mann, der selbst bereits ein anerkannter Forscher war, als er bewies, daß die „Samenkapseln" der Infusorien in Wirklichkeit Kernteilungsfiguren sind.

Wie bei so vielen Großen seiner Zeit verlief *Bütschlis* innerlich so reiches Leben äußerlich in einfachster Weise. Am 3. Mai 1848 in Frankfurt am Main als Sohn einer bekannten, ursprünglich aus der Schweiz stammenden Bürgerfamilie geboren, verbrachte er seine Jugend in der geistig so anregenden Atmosphäre der damaligen freien Reichsstadt. Nach Absolvierung der Musterschule studierte er am Karlsruher Polytechnikum hauptsächlich Mineralogie, Chemie und Paläontologie und war dort auch 1865—66 Assistent des selbst noch blutjungen *Zittel*. Dann verbrachte er noch zwei Wintersemester in Heidelberg, wo er 1868 in Mineralogie, Chemie und Zoologie promovierte. Nach Absolvierung seines Dienstjahres im Pommerschen Füsilierregiment Nr. 34 ging er für ein Semester zu *Leuckart* nach Leipzig, da er sich inzwischen entschieden hatte, zur Zoologie umzusatteln. Wenig befriedigt kehrte er aber im Herbst 1869 wieder nach Frankfurt zurück und arbeitete für sich. Dann kam der 70er Krieg, an dem er als Landwehroffizier teilnahm. Nach seiner Rückkehr blieb er, bis auf 2 Assistentenjahre bei *Möbius* in Kiel, wieder in Frankfurt, um ungestört für sich zu arbeiten. Erst 1876 siedelte er wieder nach Karlsruhe über, wo er sich am Polytechnikum habilitierte.

Bereits am 9. Februar 1878 wurde der nicht ganz Dreißigjährige zum Professor der Zoologie und Paläontologie in Heidelberg als Nachfolger *Pagenstechers* ernannt. Bis zu seinem Lebensende blieb er trotz mannigfacher ehrenvoller Anerbietungen (Königsberg, München, Straßburg) der schönen Ruperto-Carola treu. Diese 40 Jahre, die er hier wirkte, verliefen äußerlich völlig ereignislos, unterbrochen nur von dem üblichen Wechsel von Gesundheit und Krankheit, freudigen und traurigen Familienereignissen, Reisen nach Karlsbad, Baden-Baden, der Schweiz und Italien. Mit seinem 70. Lebensjahr legte er die ihm längst zur Last gewordene Professur nieder, die er nur auf dringenden Wunsch der Regierung noch während des Krieges beibehalten hatte, um seinen Lebensabend noch der Vollendung seiner Vergleichenden Anatomie zu widmen. Die großen Entbehrungen während der Kriegsjahre, und nicht zum wenigsten die seelischen Leiden, die ihm die bestimmte Voraussicht des Ausgangs vom ersten Tage an bereiteten, hatten aber seine Widerstandskraft so geschwächt, daß er der ersten Krankheitsattacke erlag.

Als junger Mann hatte *Bütschli* geplant, Chemie zu studieren. Die Zufälligkeiten, die ihn nach Karlsruhe führten, gewannen ihn dort für Mineralogie und Paläontologie; und erst nach seiner Promotion führte ihn sein tiefer Erkenntnisdrang auf die Zoologie mit der von Anfang an ausgesprochenen Absicht, an die Quellen des Lebens vorzudringen, seinen Geheimnissen an ihrer Basis nachzuspüren, ein Streben, dem er trotz mancher Abschweifungen sein Leben lang treu blieb. Nur zu begreiflich ist es, daß ihm der Betrieb in den damaligen zoologischen Laboratorien, die er in Heidelberg, Leipzig, Kiel kennen lernte, nicht viel gab, und er es vorzog, in seiner Heimatstadt als Autodidakt sich in sein neues Arbeitsfeld einzuarbeiten. Es mag ihn wohl in diesem Beschluß bestärkt haben, daß er hier in einem geistig bedeutenden Freundeskreise leben konnte, der ihm eine Fülle von Anregungen und Befriedigung seiner philosophischen und literarischen Neigungen zu geben versprach. So erhielt der junge Forscher niemals eine systematische zoologische Ausbildung und hatte später, als er bereits Ordinarius war, noch manche Lücke auszufüllen. Er erzählte einmal, daß er seinen ersten Seestern eine Stunde vor dem Kurs sezierte, in dem er den Studenten diese Kunst beibringen sollte. Seine lebenden Schüler allerdings kennen ihn nur als Meister in der Beherrschung des zoologischen Gesamtwissens.

In diesen ersten Jahren beschäftigte sich *Bütschli* mit einer ganzen Reihe entwicklungsgeschichtlicher und morphologischer Probleme, die ihn auf den eigentlichen Gegenstand seiner späteren Hauptarbeit führten. In seinen Untersuchungen über den Bau der Samenfäden der Insekten trat er zum erstenmal den Lebenserscheinungen der Zelle näher (1870—71); mit mehreren Arbeiten an Infusorien (1870—73) beginnen seine

Protozoenstudien; und bei der monographischen Bearbeitung der freilebenden Nematoden (1873), eine an morphologischen, biologischen und systematischen Beobachtungen gleich reiche Arbeit, die heute noch die grundlegende Monographie des Gebiets ist, begegnen ihm zuerst die zellulären Vorgänge im Beginn der Entwicklung. Deren Erforschung wie der der Konjugation der Infusorien widmete er sich dann hauptsächlich in den Frankfurter Jahren, die aber auch noch eine Reihe kleinerer Arbeiten morphologischer und entwicklungsgeschichtlicher Natur zeitigten. 1875 erschienen seine vorläufigen Mitteilungen über die ersten Entwicklungsvorgänge in den Eiern von Nematoden und Schnecken, die ihn gleichzeitig mit *Strasburger* beim Pflanzenreich zum Entdecker der mitotischen Zellteilung machten. Zwar hatten *Fol* und *Auerbach* schon Bruchstücke des Vorganges gesehen und *A. Schneider* ebenfalls einige, übrigens ganz unverstandene, Beobachtungen gemacht. Hier wurden aber zum erstenmal die ganzen Vorgänge ausgearbeitet und richtig interpretiert und auch sogleich physiologisch ausgedeutet.

Über dies für die Geschichte der Zellenlehre so wichtige Ereignis äußert sich übrigens *Strasburger* später (1905) folgendermaßen: „Die Angaben über die Vorgänge der Kernvermehrung lauteten auf tierischem und pflanzlichem Gebiete zu jener Zeit ganz verschieden. Für die Pflanzen herrschte die Auflösungsvorstellung der Mutterkerne vor, während man bei den Tieren ihre Durchschnürung, somit Teilung, annahm. Hier wie dort befriedigten die vorhandenen Angaben nicht mehr und bedingten es, daß man nach neuen technischen Hilfsmitteln suchte, welche die histologische Arbeit fördern sollten. Man begann den Zellinhalt in verschiedener Weise zu härten und zu färben und bemühte sich, dadurch seine Bestandteile gegeneinander abzuheben; was im frischen Zustande kaum unterscheidbar war, trat nun hervor und erleichterte die Untersuchung ...

So kam es, daß, während ich meinen Zellstudien oblag, auch *O. Bütschli* Kernteilungsfiguren an tierischen Objekten mit verdünnter Essigsäure sichtbar machte und sie in vorläufigen Mitteilungen schilderte. Abbildungen waren diesen Veröffentlichungen nicht beigegeben, doch sandte sie mir *Bütschli* in kollegialischer Weise auf meine Bitte zur Ansicht ein und stellte mir auch eine Anzahl von ihnen für die Veröffentlichung in meinem Zellbuch zur Verfügung."

Die dann im Jahre 1876 erschienene ausführliche Arbeit: „Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, die Zellteilung und die Konjugation der Infusorien" bedeutet zusammen mit *Strasburgers* und *O. Hertwigs* gleichzeitigen Arbeiten die Geburtsstunde der neueren Zellen- und Befruchtungslehre, eine Tatsache, die leider vielfach vergessen ist. Wenn man bedenkt, daß das einzige technische Hilfsmittel neben der Beobachtung am lebenden Objekt, das dem jungen Autodidakten damals zur Verfügung stand, die Härtung mit Essigsäure war, so muß man die noch heute außerordentliche Lebenswahrheit seiner Schilderungen und Abbildungen in der Tat bewundern. (Es sei nur darauf hingewiesen, daß sich bereits richtige Bilder von Synapsis und Bukettstadium in der Spermatogenese finden und einige Mitochondrienbilder, die sich von denen, die jetzt unsere Zeitschriften füllen, nur durch Mangel an blauer Farbe unterscheiden.) Auf der anderen Seite erklärt dies, daß einige wichtige Punkte noch nicht aufgeklärt wurden, so die Spaltung der Chromosomen und ihre Ausbildung aus dem Kern, die Einzelheiten des Kernverhaltens bei der Befruchtung und die Zwischenperiode zwischen Richtungsspindel und Vorkern, wobei übrigens auch in diesen Punkten die später als wirklich erwiesenen Verhältnisse als nicht unwahrscheinliche Möglichkeiten erwähnt werden. Was diesem Werk in ebenso hohem Maß seine Bedeutung verleiht, wie die darin niedergelegten grundlegenden Entdeckungen, ist aber der ganze Geist, in dem es geschrieben ist. Es lohnt sich wohl, aus dem 1875 geschriebenen Vorwort zwei Abschnitte zu zitieren:

„. . . Diese schärfere Fassung der Morphologie konnte nur von fruchtbarem Einfluß auf die Entwicklung der Wissenschaft überhaupt sein. Dennoch begreift dieselbe nur eine Seite des gesamten Wesens organischer Gestalten, da diese auch, jede einzeln für sich, aus den gegebenen Grundlagen und Bedingungen ihres Hervorgehens sich erklären lassen müssen. Nur diese Auffassung der Morphologie der organischen Wesen, jetzt noch ein nebelhafter Traum der fernsten Zukunft, würde das leisten können, was sich die heutige Morphologie, meiner Ansicht nach, mit Unrecht zuschreibt: nämlich die kausal-mechanische Erklärung der organischen Gestalten. Denn wenn auch gezeigt worden ist, daß eine organische Form sich aus einer andern herleitet, und wenn selbst, was heute kaum in einem Falle möglich gewesen ist, die Bedingungen des Eintretens dieser Umwandlung dargelegt worden wären, so würde dennoch nur das Material gegeben sein, an welchem eine kausal-mechanische Erklärung sich künftig zu versuchen hätte; gerade wie jemand, der, ohne Kenntnis der Einrichtung und der wirksamen Kräfte in einer abgefeuerten Kanone, durch vielfache Beobachtung zu der sicheren Überzeugung gelangt wäre, daß die Tätigkeit des Kanoniers die Ursache des Hervorschießens des Geschosses sei, nun auch damit eine kausal-mechanische Erklärung der wirklichen Entstehung der Geschoßbewegung gefunden zu haben glaubte." . . .

„. . . Anders dagegen, wenn wir in das Verständnis des Elementarorganismus, des Bausteins der Morphologie in dem Sinne, welchen wir ihm oben gaben, und der meiner Ansicht nach der jetzt gewöhnliche ist, also auch in das Verständnis der Gestalten der Elementarorganismen ein-

dringen wollen. Hier hat die Art der morphologischen Betrachtung zelliger Organismen ihre Berechtigung verloren und dafür tritt die physiologische Auffassungsweise in den Vordergrund. Nur durch die Erkenntnis der physikalisch-chemischen Bedingungen ihres Entstehens und Vergehens werden sich die Erscheinungen an und in dem Elementarorganismus zuerst begrifflich fester gestalten. Der Verfasser gibt sich der Hoffnung hin, daß durch die in dieser Abhandlung zu schildernden Beobachtungen unsere Kenntnisse von dem tatsächlichen Verhalten des Elementarorganismus während wichtiger Epochen seines Lebens einen Schritt vorwärts getan haben und wir dadurch dem oben gesteckten Ziel, wenn auch nur um ein weniges, näher gerückt sind."

In der Tat ist dies *Bütschlis* Lebensprogramm geblieben, wenn er sich auch niemals die Bezeichnung Entwicklungsmechaniker zugelegt hat. Treu diesem Plan, versucht er auch bereits hier im Jahre 1876 eine physikalisch-chemische Erklärung der mitotischen Figur und gibt bereits eine physikalische Nachahmung des Zellteilungsvorgangs an.

Der zweite Hauptteil der Abhandlung, der nicht weniger wichtige Entdeckungen enthält als der erste, beschäftigt sich mit der Konjugation der Infusorien, deren Einzelligkeit (oder Nichtzelligkeit, wie *Bütschli* bereits sagt) damals noch keineswegs feststand. War doch erst kurz vorher das Eierlegen von Paramaecium beschrieben worden. Sie wird erst definitiv durch den Nachweis begründet, daß die Spindeln der Mikronuklei Kernteilungsfiguren und nicht Samenkapseln sind, wie *Balbiani* geglaubt hatte, und durch den Nachweis der Neubildung des Makronukleus aus dem Mikronukleus nach der Konjugation. Den letzten Schritt, nämlich den Nachweis des Kernaustauschs bei der Konjugation, vermochte *Bütschli* allerdings noch nicht zu machen, wenn er ihn auch theoretisch bereits postuliert und einige Male gesehen zu haben glaubt. Die physiologische Bedeutung der Konjugation formuliert er aber bereits als eine Verjüngung und stellt auch bereits einige Experimente über diesen Gegenstand an.

Es ist vielleicht erstaunlich, daß *Bütschli* nicht zunächst der eigentlichen Zellenlehre treu blieb und auch später nach den Arbeiten von *O.* u. *R. Hertwig*, *Flemming* und *van Beneden* niemals mehr zu dem Teil der Zytologie zurückkehrte, der sich auf die Befruchtungs- und Vererbungslehre bezog, was seinerseits wieder ein wesentlicher Grund dafür ist, daß die Früchte seiner Entdeckungen nicht ihm zufielen. Die Ursache dafür ist wohl in seinem Bestreben zu suchen, dem Geheimnis des Lebens direkt zu Leibe zu gehen, und da schien ihm das Protoplasma selbst nicht nur viel wichtiger als die anderen Zellbestandteile, sondern auch der Teil, dem man sich physikalisch und chemisch nähern könne. Da aber die Lebensäußerungen des Protoplasma am direktesten bei den Einzelligen hervortreten, so widmete er die ersten 10 Heidelberger Jahre vorwiegend dem Studium der Protozoen. Eine Reihe von wichtigen Einzelarbeiten erschien in diesen Jahren, deren Hauptfrucht aber das dreibändige Protozoenwerk in *Bronns* Klassen und Ordnungen ist. *Bütschli* selbst bedauerte es später oft, daß er 10 Jahre auf die Bearbeitung dieses Werkes verwandte, die zweifellos viel mühsame literarische Arbeit mit sich brachte, die auch ein weniger zum Forschen Geborener hätte leisten können und bei der er sich in seiner außerordentlichen Gewissenhaftigkeit und seinem tief ausgeprägten wissenschaftlichen Verantwortungsgefühl keinerlei Erleichterung gewährte. Die Protozoenforschung wird ihm aber dauernd für dies ihr klassisches Werk dankbar sein, das heute noch vollständig unentbehrlich ist. Es stellt aber nicht bloß ein Sammelwerk und eine nur ordnende Durcharbeitung dar, sondern auch eine wissenschaftliche Sichtungsarbeit, bei der unendlich viele Einzelheiten nachuntersucht oder neuentdeckt und zugefügt wurden, darunter auch manche theoretisch wichtige Betrachtung, wie etwa die Hypothese über die Sexualität der Infusorien.

In diese Jahre nun fällt, neben einigen morphologischen, histologischen, physiologisch-chemischen und phylogenetischen Arbeiten die erste nähere Beschäftigung mit der Struktur des Protoplasmas, angeregt durch Beobachtungen am Amöben- und Infusorienprotoplasma, die zur Aufstellung der Wabenlehre des Protoplasmas führte. Bereits 1889 erschien die erste Mitteilung darüber, der einige weitere bis 1892 folgten, wann die Hauptarbeit „Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma; Versuche und Beobachtungen zur Lösung der Frage nach den physikalischen Bedingungen der Lebenserscheinungen" erschien. Keine seiner Arbeiten lag wohl *Bütschli* selbst mehr am Herzen als diese und ihre späteren Ergänzungen. Denn hier glaubte er das Problem der physikalisch-chemischen Basis des Lebens, das er sich bereits als junger Mann gestellt hatte, an der Wurzel zu treffen. Es ist bekannt, daß ihm zunächst die Idee kam, daß das unendlich feine Netzwerk, das das Protoplasma vielfach bei starker Vergrößerung erkennen läßt, nichts anderes ist als der optische Querschnitt eines schaumartigen Gefüges. Das Protoplasma bot sich ihm somit als eine Emulsion, ein zweiphasiges Gebilde, dar. Seine gute Ausbildung in Physik und Chemie ließen ihn sogleich erkennen, daß eine solche Anschauung die Möglichkeit eröffnet, zahlreiche Fähigkeiten der lebenden Substanz physikalisch zu begreifen. Als ersten Schritt in dieser Richtung stellte er künstlich Ölseifenschäume von mikroskopischer Dimension her und studierte die physikalischen Analogien zu protoplasmatischen Vorgängen.

Die Aufnahme, die diese Forschungen bei den Fachgenossen fanden, deprimierten ihn sehr.

Nur wenige vermochten die Tragweite von Tatsachen wie Methode zu erkennen. Für die meisten lag nur eine neue Strukturhypothese vor, die auf gleiche Stufe etwa mit der geistlosen Filarstrukturhypothese gestellt wurde. Die Perspektiven, die durch die neue Idee eröffnet waren, wurden dagegen von Physiologen (*Hofmeister*) wie Kolloidchemikern wohl verstanden. Wenn heute das Protoplasma allgemein als kolloidales System betrachtet wird, so geht diese wichtige Erkenntnis auf *Bütschlis* Arbeiten in erster Linie zurück. Wegen der Bedeutung für die weitere Entwicklung der Protoplasmaphysik sei auf den folgenden Aufsatz von *Rhumbler* verwiesen.

Bütschli selbst ließ sich durch das geringe Verständnis, dem er begegnete, nicht irre machen, sondern ging seinen Weg ruhig weiter. Er sagte sich, daß ein weiteres Eindringen in die elementare Physik des Protoplasmas eine mikroskopische und mikrophysikalische Kenntnis anderer kolloidaler Substanzen wünschenswert erscheinen ließen. Seine alte Liebe zur Mineralogie und Chemie trugen wohl auch dazu bei, ihn gerade in dieser Richtung weiter suchen zu lassen, und so widmete er die nächsten 15 Jahre vorwiegend Untersuchungen, die ihn der eigentlichen Zoologie immer mehr entfremdeten. Ursprünglich waren es nur die Mikrostrukturen kolloidaler Substanzen, die ihn fesselten. Von dem Ergebnis dieser Studien heißt es in *Freundlichs* Kapillarchemie: „Die Gele sind zweiphasige Systeme, aus sehr dünnen zusammenhängenden Wänden von amorphfester Substanz bestehend, die mit Flüssigkeit erfüllte Hohlräume umschließen. Diese schon früher mehrfach vertretene Auffassung wurde von *Bütschli* durch mikroskopische Untersuchungen für Gelatine, geronnenes Eiweiß, Gummi, Zellulose, Aar-Agar, Stärke und Kieselsäuregallerte endgültig bewiesen."

Im Lauf der Untersuchungen ergab sich aber die Notwendigkeit, weitere Fragen teils rein chemischer oder mineralogischer Natur in Betracht zu ziehen, wie etwa die Bedingungen der Quellung, die Entstehung der Sphärokristalle. Wenn auch die geistige Verbindung mit der Biologie durch den Grundgedanken dieser Untersuchungen, nämlich das Protoplasma als kolloidales System, erhalten blieb, so entfernten sich allmählich die Arbeiten doch immer mehr von der Wissenschaft vom Leben, und die Fachgenossen wußten nicht mehr recht, was damit anzufangen. Andererseits fanden die Arbeiten bei den Kolloidforschern große Beachtung. Wenn wir uns auch nicht anmaßen wollen, ihre Stellung in jener Wissenschaft zu kennzeichnen, so mag die rein quantitative Tatsache, daß *Bütschlis* Arbeiten in *van Bemmelens* gesammelten Abhandlungen über Kolloide und Absorption auf 23 verschiedenen Seiten, mehr als die irgendeines anderen Autors, diskutiert wurden, immerhin die ernste Beachtung demonstrieren, die sie in jenen Kreisen fanden. Übrigens war auch in einer großen Anzahl jener Arbeiten die Verbindung mit der Biologie nicht vollständig gelockert, da sie umfangreiche chemische, mineralogische und mikroskopische Untersuchungen über nichtzellige Erzeugnisse des Organismus brachten, wie Kalk- und Kieselnadeln, Chitinpanzer, Muschelschalen, Stärkekörner. Der Zusammenhang von Entstehung, Chemie und Struktur gerade solcher Bildungen stellt ja immer noch ein wenig beachtetes, aber für die Erkenntnis elementarer Lebenserscheinungen höchst wichtiges Forschungsgebiet dar. Das abschließende Hauptwerk dieser Arbeitsperiode von *Bütschli* sind die 1898 erschienenen, umfangreichen „Untersuchungen über Strukturen", denen sich von größeren Abhandlungen zugesellen: „Über den Bau quellbarer Körper und die Bedingungen der Quellung" (1896); „Untersuchungen über die Mikrostruktur künstlicher und natürlicher Kieselsäuregallerten" (1900); „Untersuchungen über organische Kalkgebilde nebst Bemerkungen über organische Kieselgebilde" (1908). Aber auch in dieser Periode vernachlässigte *Bütschli* nicht vollständig das lebende Objekt, wie seine Untersuchungen über Cyanophyceen und Bakterien (1896, 1902) lehren.

Vielleicht die erstaunlichste Wandlung in *Bütschlis* arbeitsreichem Leben ist es, daß der 60jährige, der in seinen eigenen Arbeiten schließlich ganz in Chemie und Mineralogie geraten war, sein Lehrbuch der Vergleichenden Anatomie zu schreiben begann. Verursacht wurde dieser Entschluß durch das immerwährende Drängen seiner Schüler, die seine glänzend durchgearbeitete vergleichend-anatomische Vorlesung besonders bewunderten. 1910 erschien dann die erste Abteilung dieses Buches, das in bezug auf Gründlichkeit, geistiger Verarbeitung des Stoffes, Darstellung und Illustration alle anderen vergleichenden Anatomien übertrifft. 1912 folgte die 2. Lieferung, die 3. wurde ebenfalls noch abgeschlossen und befindet sich im Druck. Hoffentlich gelingt es dem Verleger, das groß angelegte Werk zu Ende zu führen. Die intensive Arbeit an diesem Buch füllte *Bütschlis* letzte Lebensjahre völlig aus. Nur noch zwei kleine Abhandlungen erschienen seitdem: die Bemerkungen zur mechanischen Erklärung der Gastrulainvagination (1915) und eine „Notiz zu meiner Erklärung der Quellung" (1917).

In diese großen Züge von *Bütschlis* wissenschaftlichem Lebenswerk müßten, um es zu vervollständigen, noch gar manche Einzelheiten eingetragen werden. Denn in den zahlreichen nicht weiter erwähnten Arbeiten zur Embryologie der Biene, der Nemertinen, Chaetognathen, Nematoden, Hirudineen und Mollusken, in denen zur Histologie von Nervensystem und Sinnesorganen, in denen zur Morphologie, Fortpflanzung und Mikrochemie der Protozoen steckt eine Fülle origineller und wichtiger Beobachtungen. Nur zwei weitere Gruppen von Untersuchungen seien aber noch kurz genannt. Dem Zug seiner Zeit folgend

und im wesentlichen als Frucht der Vorarbeiten zu seinen Vorlesungen arbeitete *Bütschli* eine Reihe phylogenetischer Entwicklungen aus, deren Scharfsinn, verbunden mit künstlerischer Gestaltung, ihnen ihre Stellung in der Geschichte phylogenetischer Betrachtungsweise zuweist. Am bekanntesten wurde die Ableitung des Echinoderms aus einer bilateralen Urform, seine Gedanken über die Asymmetrie im Nervensystem der Prosobranchiaten und die Placulatheorie. Es sollte auch an dieser Stelle nicht vergessen werden zu erwähnen, daß *Bütschli* bereits 1875 in einem Vortrag die Idee der Kontinuität des Keimplasmas klar entwickelte und daß er in seinen Gedanken über Leben und Tod (1882) physiologische Vorstellungen zum Todesproblem entwarf, die heute noch völlig modern anmuten.

Eine zweite Gruppe von Schriften sind philosophischer Natur. Von Hause mit einer Hinneigung zur Philosophie begabt und wohl belesen in der großen philosophischen Literatur, fühlte *Bütschli* bisweilen das Bedürfnis, seine Gedanken zu Papier zu bringen, ohne daß er selbst diese Arbeiten überschätzte. So entstanden seine „Betrachtungen über Hypothese und Beobachtung“ (1896), „Kants Lehre von der Kausalität“ (1905), „Glauben in der Naturwissenschaft“ (1908). In weiteren Kreisen wurde sein auf dem Internationalen Zoologenkongreß in Berlin 1901 gehaltener Vortrag über „Mechanismus und Vitalismus“ bekannt, dessen, angesichts seiner gesamten Forschungsrichtung nicht unerwarteter Schluß lautet: „Begreifen können wir von den Lebenserscheinungen nur das, was sich physiko-chemisch erklären läßt.“

Dies in großen Zügen *Bütschlis* Lebensarbeit. Aber seinen zahlreichen Schülern, deren Arbeiten zu einem guten Teil seinen geistigen (übrigens auch häufig manuellen) Stempel tragen, schwebt seine Person mehr noch fast als Lehrer und Mensch wie als großer Forscher vor. Sicher war es anfangs nicht leicht, ihm nahezukommen. Sein nervöses, in Zeiten von Überarbeitung zu Ausbrüchen geneigtes Temperament konnte die erste Annäherung katastrophal gestalten. War aber das Eis gebrochen, so war *Bütschli* seinen Schülern ein fürsorgender Vater, der Treue mit unwandelbarer Treue vergalt und die ihm entgegengebrachte, oft schwärmerische Verehrung seiner engeren Schüler mit rührender Dankbarkeit erwiderte. So herrschte innerhalb des Instituts der vertrauliche Ton einer großen Familie, in der sich auch der gestrenge Professor nicht scheute, an gemeinsamen Späßen teilzunehmen, und gar mancher Kaffeeklatsch oder Bowle auf der idyllischen Stiftsmühle sah die oft recht große und stets internationale Familie fröhlich vereint. Das hinderte nun aber nicht, daß der Lehrer sehr hohe Anforderungen an seine Schüler stellte. Fleiß und pünktliche Arbeit waren Voraussetzung. Bummelnde Studenten haßte er in den Tod. Als einst ein Angehöriger eines nicht gerade auf dem Gebiete des Geistigen bekannten Korps im großen Praktikum erschien, stand *Bütschli* mit entsetzten Augen vor der bunten Mütze am Haken. Tagelang ging er mißtrauisch um den jungen Mann im Bogen herum. Als dann aber zum allgemeinen Erstaunen die Mütze täglich zu früher Stunde am Haken erschien, wurde das Wunderkind mit offenen Armen in die Familie aufgenommen. Bei der Arbeit wurde gründlichste Ausnutzung eines jeden Studienobjektes und reichliches Literaturstudium verlangt. Besonders aber bestand *Bütschli* darauf, daß die exakten Hilfsdisziplinen gründlich verstanden wurden. Wie oft trat er in das Laboratorium, griff zur Kreide und schrieb eine chemische Gleichung an, und wehe dem Studenten, der sie nicht verstand. Oder er begann plötzlich den Schüler über physikalische oder physiologische Dinge auszufragen, was selten ohne Blamage für den Jüngeren abging, der dann nicht von gutmütiger Ironie verschont blieb. Obwohl *Bütschli* selbst die Technik in der Biologie nicht überschätzte und gar manchen harten Strauß gerade mit solchen Histologen focht, denen die Färbemethode mehr bedeutete als die geistige Verarbeitung des Gesehenen, stellte er doch an seine Schüler gerade darin sehr hohe Ansprüche, besonders in der optisch einwandfreien Benutzung des Mikroskops und in der makroskopischen Seziertechnik. Zerstörung des Objekts beim Sezieren konnte ihn ernstlich in Harnisch bringen; nie sah ich ihn böser als damals, als ich bei meinem ersten Injektionsversuch an einem Fisch den truncus arteriosus abriß. Daneben wurde auf das Zeichnen besonderer Wert gelegt. *Bütschli* selbst war ein glänzender Zeichner, der seine Abbildungen oft direkt auf den lithographischen Stein zeichnete, um die mit der Umzeichnung verbundenen Härten zu vermeiden. So fand in dem Institut stets ein Wettbewerb um das schönste Skizzenbuch statt, und gar manches der Hefte könnte jederzeit als ein Atlas zum großen Praktikum veröffentlicht werden. Es sollte hier auch nicht vergessen werden, zu erwähnen, daß *Bütschli* den Wert der Mikrophotographie von Anfang an erkannte und bereits zu einer Zeit, in der die Mehrzahl der Biologen für diese Illustrationsmethode nur Spott übrig hatten, ein Meister der mikrophotographischen Kunst war.

Bütschli verwandte sehr viel Zeit auf seine Praktikanten und ließ jedem, auch dem jüngsten Anfänger, größte persönliche Sorgfalt angedeihen. Mit Doktoranden aber arbeitete er oft stundenlang und überwachte auf das genaueste jeden Schritt ihrer Arbeit. Zweifellos bereitete ihm der Laboratoriumsunterricht große Freude. Weniger läßt sich das von seiner Vorlesung sagen. Es ist eines jener Paradoxen, denen man öfters begegnet, daß ein Mann, der eine besonders glänzende Vorlesung hält, selbst das Lesen haßt. *Bütschlis* Vorlesung war ganz hervorragend, glänzend vorgetragen, bedeutend in der Auswahl und Durchdringung des Stoffs und didaktisch

auf größter Höhe stehend. Keiner seiner engeren Schüler versäumte es, sie mindestens zweimal zu hören. Aber dem Professor bereitete sie viel Qual. Nie im Leben hielt er eine Vorlesung, ohne sich am Abend vorher stundenlang vorzubereiten. Beim Vortrag legte er seine ganze Seele in den Gegenstand und erschöpfte sich dabei physisch wie nervös. Wenn er dann noch gar gleichgültige Gesichter unter den Hörern sah, oder die nicht obligatorische Sommervorlesung nur schwach besucht war und dazu die schwüle Hitze des Heidelberger Sommers im Hörsaal brütete, so zehrte die Vorlesung ernstlich an seiner empfindlichen Konstitution. So wurde ihm die von den Schülern so begeistert aufgenommene Vorlesung eine schwere Last, und jedes Semester, bevor die Vorlesung begann, fühlte er sich wochenlang elend und litt an einer Art schweren Lampenfiebers. Dies war immer die Zeit, in der er am reizbarsten war, und mancher, der nur in solchen Tagen seine Bekanntschaft machte, mag ein ganz falsches Bild von ihm mitgenommen haben. Aber auch sonst gab es manches, was ihm die Laune verdarb. In den Jahren großer Nervenabspannung konnte er den im Institut hörbaren Straßenlärm gar nicht vertragen, und in seinen Briefen kehrt immer die Klage wieder, daß ihm die vorbeirumpelnden Lastwagen das Denken unmöglich machten. So kämpfte sein sensibles Temperament, verstärkt durch chronische Darmstörungen und Katarrhe nervöser Natur, ständig gegen irgendeine Tücke des Objekts, die einer robusteren Natur kaum zum Bewußtsein gekommen wäre.

Diejenigen, die das Glück hatten, *Otto Bütschli* auch außerhalb des Laboratoriums näher treten zu dürfen, wissen, daß die Größe des Menschen der des Forschers und Lehrers nicht nachstand. Zu dem Grundzug seines Wesens vereinigten sich eine feinsinnige Künstlernatur, ein tiefer, grüblerischer Erkenntnisdrang, eine große Herzensgüte, Bedürfnis nach Freundschaft und Liebe und — wie ein grauer Schleier über all dies gebreitet, ein tiefer Pessimismus. Wie wohl bei allen großen Naturforschern lag auf dem Grund seiner Seele ein feines künstlerisches Empfinden, das äußerlich in der mannigfachsten Weise zur Geltung kam. In jüngeren Jahren übte er sein Zeichentalent an Aquarellstudien nach der Natur und auch später noch erfreute er seine Freunde gelegentlich durch Zeichnungen voll liebenswürdigen Humors. Die Musik stand ihm stets nahe und er soll in jüngeren Jahren eine schöne Gesangstimme besessen haben, die aber später durch den chronischen Katarrh litt, so daß nur wenige von uns Jüngeren ihn gelegentlich singen oder auch Klavier spielen hörten. Ihm selbst wurde die Freude an der Musik auch durch seine Nervosität geschmälert, die ihm den Aufenthalt in Theater- und Konzertsälen zur Qual machte. Um so mehr aber konnte er, der ungeheuer viel las, sich dem Genuß schöner Literatur, wie philosophischer und historischer Werke hingeben. Seine poetische Veranlagung, von der ein engerer Kreis auch gelegentlich Proben zu sehen bekam, ließ ihn alles Große der Weltliteratur genießen. Lange Zeit hindurch war es seine Lieblingsidee, einmal die Zeit zu finden, eine der Schönheit des Originals gerecht werdende Übersetzung von Shakespeares Sturm zu fertigen. Alljährlich benutzte er die Sommerkur in Karlsbad, Baden-Baden oder dem Gebirge, um einige Wochen in dem Genuß guter Literatur zu schwelgen. Den Abschluß bildeten dann meist einige Wochen in München mit Freund *Eisig*, die dem Natur- und Kunstgenuß gewidmet waren.

Hinter der oft rauhen Schale, dem Kombinationsprodukt schweizerischer und Frankfurter Erbanlagen mit einem sensitiven Temperament, verbarg sich bei *Bütschli* eine große Herzensgüte und Treue. Er sehnte sich nach aufrichtiger Freundschaft und vergalt sie von Herzen. Seine Jugendfreundschaften hielten ungetrübt bis ans Lebensende. Aber auch in reiferen Jahren erschloß sich sein Herz noch manchem, der ihn zu verstehen vermochte und ihm die aufrichtige Treue entgegenbrachte, deren er so sehr bedurfte, und es ist charakteristisch, daß sich darunter gar mancher seiner viel jüngeren Schüler fand. Je mehr sein pessimistisches Naturell es ihn nicht erwarten ließ, desto größer war seine Dankbarkeit für Liebe und Anhänglichkeit, desto größer seine Freude über Anerkennung von Seiten, die er schätzte. Abgeneigt aller Äußerlichkeit und Titelwesen, freute er sich doch herzlich über Auszeichnungen, die wirklich seiner Leistung galten, wie die Mitgliedschaft zahlreicher gelehrter Gesellschaften der ganzen Welt, des Ehrendoktors von Jena und Cambridge, der Verleihung des Göttinger Vahlbruchpreises, des bayerischen Maximiliansordens für Kunst und Wissenschaft. Solche Auszeichnungen trösteten ihn auch über die lange Jahre hindurch fortgesetzte zurücksetzende Behandlung durch seine Regierung, die ihm seine einige Jahre lang intensiv betätigte politische Arbeit auf linksdemokratischer Seite übelnahm. Es war übrigens eine der ersten Handlungen des badischen Volksstaates nach der Revolution, ihn zur Exzellenz zu ernennen.

Bütschlis zum Grübeln neigender Erkenntnisdrang war es, der ihn in erster Linie gerade zu den Problemen geführt hatte, denen er seine Lebensarbeit widmete. Er verließ ihn auch außerhalb seiner eigentlichen Arbeit nicht und führte ihn zur Beschäftigung mit philosophischen Fragen. Seine eigentliche Lebensphilosophie aber war ein tiefer Pessimismus, nach seiner eigenen Aussage ihm angeboren und durch die äußeren wie inneren Kämpfe seines Lebens, durch schmerzliche Verluste und Enttäuschungen verstärkt. Viele seelische Leiden bereitete ihm diese Veranlagung, der in seinem Leben ständig neue Nahrung erwuchs. Nicht wenig wurde sie auch durch das Gefühl genährt, daß seine Leistungen nicht gebührend eingeschätzt wurden. Leider war

dies Gefühl auch nicht ganz unberechtigt, denn ein guter Teil des ihm gebührenden Ruhms für die Begründung der neueren Zellenlehre fiel durch die Verkettung von allerlei Umständen seinen teilweise herzlich unbedeutenden Nachfolgern zu. So mußte er es erleben, daß bei einer Jubiläumsfestlichkeit des Naturhistorischen Vereins in Heidelberg eine von einem berühmten Anatomen verfaßte Adresse in seiner Gegenwart verlesen wurde, in der die Entdeckung der Zellteilung als eine Großtat der letzten 50 Jahre gefeiert, aber *Flemming* zugeschrieben wurde. Daß die Ereignisse seines Lebensabends seinen Pessimismus nicht erschüttern konnten, wissen wir: die schreckliche Erfüllung seiner am 1. August 1914 gemachten Voraussagen hat ihn in der Überzeugung sterben lassen, daß der Pessimismus die beste Lebensphilosophie ist.

Otto Bütschlis Wabentheorie.

Von L. Rhumbler, Hann. Münden.

Auf der ersten Jahresversammlung der Deutschen zoologischen Gesellschaft in Leipzig im Jahre 1891 gab *Bütschli* ein Referat „Über die Struktur des Protoplasmas", in dessen Eingang er sich folgendermaßen äußerte: „Wie alle Wege nach Rom, so führen auch alle biologischen Fragen schließlich auf jene geheimnisvolle Substanz zurück, welche den Leib der Zellen bildet, und die gemeinhin als Protoplasma bezeichnet wird. Je umfassender und begründeter unser Wissen von den Eigenschaften und Tätigkeitsäußerungen dieser Substanz ist, um so bestimmter werden wir auch das ursächliche Entstehen der verwickelten Vorgänge im komplizierteren Organismus zu erfassen vermögen" . . . . „Nicht jede bedeutungsvolle Frage ist auch eine zeitgemäße. Vielleicht wird auch mancher Biologe schon gelegentlich aufgeseufzt haben über den unaufhörlichen Kampf um das Plasma, ähnlich wie über den Streit um den Nucleus, an dessen Entstehung ich leider auch nicht ganz unschuldig bin".

„Da die sogen. Strukturverhältnisse des Plasmas zweifelsohne an die Grenzen der Leistungsfähigkeit unserer optischen Hilfsmittel heranreichen, da wir ferner diesen Dingen in den meisten Fällen nur mit komplizierteren Präparationen nähertreten können, so mag mancher von vornherein wenig Vertrauen auf die Ergebnisse setzen; vielleicht mag es ihm sogar richtiger dünken, solch subtile Fragen einstweilen auf sich beruhen zu lassen. Demgegenüber glaube ich, daß den Forscher nicht nur ein erklärliches und unwiderstehliches Verlangen antreibt, bis an die äußersten Grenzen des Erreichbaren vorzudringen, sondern daß er auch gewissermaßen verpflichtet ist, die so wesentlich verbesserten und vermehrten Hilfsmittel unserer Zeit an dieser fundamentalen Frage zu versuchen. Daß unter solchen Umständen auf diesem Gebiet nur mit großer Vorsicht und durch lang fortgesetzte mühsame Arbeit dauernde Erfolge zu erzielen sein werden, ist wohl klar. Eine Einigung der widerstreitenden Ansichten dürfte noch lange auf sich warten lassen. Noch viele Jahre wird dieses Forschungsgebiet den unerfreulichen Anblick eines unvollendeten, nur in einzelnen Mauern emporragenden Bauwerks darbieten, über dessen Weiterführung die verschiedenen Meister im Streit liegen."

Was *Bütschli* in diesen Sätzen vor nahezu 30 Jahren zum Ausdruck brachte, mag manchem Skeptiker heute noch in Geltung erscheinen; aber wenn nicht aller Anschein trügt, so besteht doch die begründete Aussicht, daß das Bauwerk dieses Forschungsgebietes auch dann, wenn es erst durch allgemein anerkannte, unanzweifelbare Sicherheit zur endgültigen Abkrönung gekommen sein wird, die Grundzüge der Bütschlischen Wabentheorie in unverrückbarer Form beibehalten wird.

Um den großen Fortschritt beurteilen zu können, den die Bütschlische Theorie gegenüber anderen Auffassungen des Protoplasmas mit sich brachte, empfiehlt es sich, in Kürze, am besten an Hand des Bütschlischen Referates, daran zu erinnern, welche Anschauungen vor *Bütschlis* diesbezüglichen Arbeiten in den maßgebenden Kreisen über die Protoplasmastruktur herrschten.

Den ersten Beobachtern *Dujardin* (1835), *Mohl* und vielen anderen erschien das Protoplasma als schleimige Substanz, homogen, strukturlos, mit in den Einzelfällen verschiedenartigen Einlagerungen, wie gröberen oder feineren Körnchen, Vakuolen und sonstigen, nur in Spezialfällen vorhandenen Gebilden. Faserige Strukturen, wie sie schon recht frühzeitig im Plasma gewisser Zellen, besonders Nerven- und Muskelzellen, aufgefunden worden waren, galten als besondere Abscheidungen im homogenen Plasma, das ja auch auf seiner Oberfläche Membranen, also festere Bildungen, abzuscheiden vermöge.

Nur hinsichtlich des Aggregatzustandes der plasmatischen Substanz gingen die Meinungen von Anfang an auseinander. Meist begnügte man sich zwar, dem Plasma eine schleimige, zähflüssige bis festweiche Konsistenz zuzuschreiben, und somit einer genaueren Definition seiner physikalischen Beschaffenheit aus dem Wege zu gehen; aber einzelne Führer, wie *Häckel, Kühne* (1862) und andere traten bereits für einen wahrhaft flüssigen Charakter des Protoplasmas ein, während andere gegen diese Anschauung einwarfen, daß dem Protoplasma doch gewisse Eigentümlichkeiten zukommen, die gewöhnlichen Flüssigkeiten fehlen, wenn diese Eigentümlichkeiten auch zu damaliger Zeit noch nicht näher zu präzisieren

waren (*de Bary, Hofmeister* und andere); auch fehlte es nicht an Auffassungen, welche die Annahme eines festen Aggregatzustandes für richtiger hielten. Im allgemeinen jedoch behielt die Flüssigkeitshypothese mehr Anhänger, weil es begreiflicherweise nicht gelang, die Strömungserscheinungen, die man in vielen Fällen im Protoplasma kennen gelernt hatte, mit einer festen Beschaffenheit der strömenden Substanz in Einklang zu bringen.

Ein Umschwung, in der Richtung auf das Feste hin, wurde jedoch durch *Brücke* (1861) eingeleitet; er forderte vom Plasma eine weitgehende Organisationsfähigkeit und darum eine nicht verschwimmbare, stabilere Organisation, die seiner Meinung nach in einer Flüssigkeit unmöglich sei, er nahm daher das Protoplasma aus festen und flüssigen Teilen gemischt an und erklärte es für absurd, nach seinem Aggregatzustand zu fragen; in der Tat wurden dann unter *Frommanns* Vorgehen (1864-66) faserig netzige Strukturen, von denen augenscheinlich war, daß sie sich nur in festem Aggregatzustand zu halten vermochten, als allgemein verbreitete Erscheinung bei fast allen näher untersuchten Plasmen beschrieben. Man war somit jetzt zu folgendem vorläufigen Resultat gekommen: Das Protoplasma besteht, von etwaigen Einschlüssen abgesehen, aus zwei differenten Substanzen, nämlich erstens aus einem dunkleren, dichteren, feinmaschigen Netzwerk, das man sich ähnlich dem Skelettgerüst eines Hornschwammes vorzustellen habe, und zweitens einer lichteren, weniger dichten, schwächer lichtbrechenden Substanz, welche die Lücken füllt. Neben den zahlreichen Forschern, die für diese Anschauungen Bestätigungen beibrachten, trat dann *Flemming* (1882) mit einer Modifikation der Gerüsttheorie auf, indem er das Gerüst für eine Durcheinandermengung von vielfach verschlungenen Fäden (Filarmasse) ansprechen zu müssen glaubte, die in einer mehr homogenen Grundmasse (Interfilarmasse) eingebettet seien.

Ein gemeinsamer Zug blieb aber für die Gerüsttheorie und für die Fadentheorie *Flemmings*, die bald unter den Histologen zahlreiche Anhänger fand, darin bestehen, daß Gerüst oder Fibrille aus einfach physikalischen Gründen nur bei einer gallertigen bzw. festen oder nahezu festen, jedenfalls bei einer nicht flüssigen Beschaffenheit die notwendige Formbeständigkeit im Plasma zugesprochen werden konnte. Schwieriger war die Beurteilung des Aggregatzustandes der Zwischensubstanz oder Grundmasse. Ihre geringere Dichte deutete auf weichere und flüssigere Beschaffenheit, ob sie jedoch als nur weich bis gallertig oder vollkommen flüssig, etwa ähnlich dem Zellsaft, aufzufassen sei, darüber blieb man ebenso verschiedener Ansicht als darüber, ob die eigentlichen Lebensprozesse, vor allem das Kontraktile und Nervöse, sich im Gerüst oder in der Grundmasse abspielten.

Die Gerüst- und Fadentheorie erhielt dann im Jahre 1886 zwei neue anders fundierte Konkurrenzen. In diesem Jahre belebte nämlich einerseits *Berthold* in einer ausführlicheren Arbeit die ältere Anschauung über den flüssigen Zustand aufs neue und kam auf Grund eingehender Untersuchungen und physikalischer Erwägungen zu dem Schlusse: das Protoplasma besitzt den Charakter einer Emulsion, in der zwar einerseits einzelne zusammenhangslose Fädchen gelegentlich vorkommen, die aber andererseits keinesfalls ein irgendwie netzförmig zusammenhängendes Gerüstwerk von irgendwelcher Festigkeit enthält. Die Angaben über netzförmige Gerüste glaubte *Berthold* in vielen Fällen auf Kunstprodukte, auf Gerinnungserscheinungen oder Fällungen während der Konservierung zurückführen zu müssen, und fand darin Zustimmung und Unterstützung von *Frank Schwarz, Kölliker* und anderen. Andererseits vertrat *Altmann* seit 1886 die Lehre, daß das Protoplasma im wesentlichen aus einer großen Menge sogenannter Granula, d. h. körniger, bakterienartiger Elementareinheiten bestehe, die von einer gallertigen, der Bakterienzoogloea vergleichbaren, Grundmasse zusammengehalten würden; eventuelle Fibrillen verglich er mit Ketten von Fadenbakterien. Verwandte Ideen waren schon von *Béchamp* und von *Martin* (1882) ausgesprochen worden[1]).

Es hatten mithin im ganzen fünf verschiedene Anschauungen über die Struktur des Protoplasmas, die man kurz durch die Stichworte, 1. Zähflüssigkeit ohne besondere Elementarstruktur, 2. mehr oder weniger zähflüssige Grundmasse mit netzförmigem, schwammigem Gerüst, 3. Grundmasse mit Fadeneinlagerungen, 4. flüssige Emulsion und 5. Grundmasse mit Granula rekapitulieren kann, in Diskussion gestanden, ehe *Bütschli* seine bereits in den ersten Anfängen seit 1878 vertretene Wabentheorie in dem Leipziger Referat und ein Jahr später (1892) in seinem Werke „Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma" zur Kenntnis in weiteren Kreisen brachte. Die Wabentheorie „harmoniert", um *Bütschlis* eigene Worte aus Leipzig zu gebrauchen, „was das Tatsächliche betrifft, im wesentlichen mit der Lehre vom netzförmigen Plasmagerüst, unterwirft jedoch die Beobachtung einer wesentlich anderen Deutung. Sie hält näm-

[1]) Die auch sonst von anderen Forschern mehrfach aufgegriffene Vorstellungskette, daß das Protoplasma aus kleinsten Lebenseinheiten bestünde, die als eigentliche Träger der Lebensfunktionen sich bakterienartig vermehren, führt, worauf hier nebenbei aufmerksam gemacht werden mag, keineswegs zu einer Lösung, sondern bestenfalls zu einer Verschiebung des Lebensproblems nach einer Instanz geringerer Größenordnung hin; sie führt außerdem nicht zu einer Vereinfachung, sondern im Gegenteil zu einer nicht unbedeutenden Komplikation des Problems, da ja, nachdem das Leben der kleinsten Elementareinheiten theoretisch behandelt worden ist, dann erst wieder durch eine neue Theorie das zum Leben notwendige harmonische Zusammenspiel solcher Elementareinheiten bei der Lebensfunktion der größeren Lebenseinheiten erklärt werden muß.

lich das beobachtete Netzgerüst nur für den Anschein eines solchen, indem sie überzeugt ist, daß die scheinbare Netzstruktur von einem sehr fein alveolären, wabigen oder, wie ich mich ausdrückte, schaumigen Aufbau herrühre. Der fundamentale Unterschied dieser Ansicht von der Lehre eines netzförmigen Plasmabaues besteht darin, daß die Zwischenmasse oder das Chylema in letzterem Fall eine durch den gesamten Plasmakörper zusammenhängende Masse darstellt, während dieses Chylema nach meiner Auffassung in lauter getrennten kleinen Kämmerchen, den Waben oder Schaumbläschen, enthalten ist, ähnlich wie die Luft in einem Seifen- oder Bierschaum." *Bütschli* nannte seit 1892 die Schaumwandsubstanz, die als ein rein flüssiges Lamellengerüst das Protoplasma nach allen Richtungen hin durchsetzt, „Hyaloplasma", die in die Kämmerchen des Lamellenwerkes eingeschlossene deutlich dünnflüssigere Substanz dagegen „Enchylema", wozu nebenbei aber bemerkt werden muß, daß diese Bezeichnungen, ebenso wie manche anderen Ausdrücke, die von anderen Plasmatheoretikern für bestimmte Plasmakonstituenten in Anwendung gekommen waren, von verschiedenen Autoren nicht immer für die gleichen Dinge gebraucht worden sind.

Sehen wir nun zu, in welcher Weise sich die Bütschlische Auffassung mit den namhaft gemachten früheren Anschauungen, die ja auch nicht aus der Luft gegriffen waren, sondern auf größtenteils sehr sorgfältigen Beobachtungen namhafter Histologen und Physiologen beruhten, abzufinden vermochte. Zunächst ergab sich in erster Linie die schon sehr frühzeitig erkannte Zähflüssigkeit und Strömungsfähigkeit des Plasmas ohne weiteres aus dem rein flüssigen Zustand der Bütschlischen Hyaloplasmalamellen und des gleichfalls flüssigen Enchylema; strukturlos bzw. homogen konnte das Plasma erscheinen, wenn die Lichtbrechungsverhältnisse zwischen den beiden Konstituenten sehr gering oder wenn die Waben sehr erweitert, ihre Wände dagegen bis zur Unsichtbarkeit verdünnt waren[1]). Zweitens muß das lamellöse Hyaloplasmawerk bei genügender Lichtbrechung netzförmig oder schwammgerüstartig, wie die Gerüsttheorie angab, erscheinen, weil bei dem durchfallenden Licht der üblichen mikroskopischen Beobachtung all seine horizontal oder schräg liegenden Lamellen, die das Unterlicht wie Glas durchlassen, aus dem Bilde gänzlich oder nahezu gänzlich verschwinden müssen, während andrerseits alle zur Beobachtungsebene senkrecht oder nahezu senkrecht stehenden Lamellen, wie auf die Kante gestelltes Glas, als Gerüstbalken erscheinen müssen. Man kann sich hiervon, wie Referent bemerken will, leicht eine Vorstellung verschaffen, wenn man etwa einen Seifenschaum in eine genügend weite Zylinderröhre einfüllt, und diese dann mit einem größeren, beiderseits überstehenden, schwarzen Papier, das die Seitenbeleuchtung abhält, umklebt. Hält man dann die schaumgefüllte Röhre mit ihrem einen offenen Ende gegen das Fenster, während man durch das andere offene Ende hindurchsieht, so erscheinen die Schaumlamellen vollkommen wie ein netzartiges Gerüstwerk. Mit der üblichen mikroskopischen Beobachtung läßt sich überhaupt nicht entscheiden, ob Gerüstwerk oder Schaumstruktur des Plasmas vorliegt. Betreffs der dritten Lehre vom fibrillären Bau des Protoplasmas gilt ähnliches; auch die Fibrillenstruktur ist in den meisten Fällen, nach *Bütschlis* Untersuchungen beispielsweise beim Achsenzylinder der Nervenfaser, bei den Streifungen in Epithel- und Drüsenzellen und bei den Strahlungen, wie sie im Plasma während der Teilung, aber auch unter anderen Umständen auftreten, eine nur scheinbare; bei näherem Zusehen erkennt man netzige Querverbindungen, die auch schon *Flemming* gelegentlich gesehen hat; diese Querverbindungen verraten eine Modifikation der wabigen Struktur, auf die später als parallelstreifige noch zurückzukommen sein wird. Das fibrilläre Aussehen solcher Sonderstrukturen ist z. T. auf eine unserem Auge zukommende Eigentümlichkeit zurückzuführen, indem dies Systeme längerer paralleler Linien leichter wahrnimmt als kurze, mehr oder weniger unregelmäßig angeordnete Verbindungslinien, wenn diese Verbindungslinien auch ebenso dick sind wie die längsgerichteten[1]). Vereinzelte gröbere, reiserartige Fasern oder Fibrillen, wie sie im Plasma vielfach beschrieben wurden, erklären sich nach *Bütschlis* Überzeugung durch dichte Einlagerung körniger Einschlüsse in gewisse Züge des Wabenwerks, wodurch diese als dunklere Fasern erscheinen. Auch wirkliche Faserbildungen können in Spezialfällen als Sondereinlagerungen oder Myelinbildungen vorkommen; sie sind dann aber als Ausnahmen und nicht als integrierende Bestandteile des Plasmas anzusehen, da sie in den weitaus meisten Plasmen sicher fehlen.

Die Bertholdsche Emulsionstheorie läßt sich viertens mit derjenigen *Bütschlis* auf gleichen Boden bringen, wenn man sich die suspendierten Emulsionströpfchen so dicht zusammengedrängt vorstellt, daß die trennende Flüssigkeit die Beschaffenheit ebener Lamellen oder Scheidewände annimmt, während die zusammengedrängten Tropfen polyedrische Gestalten erlangen. Auch wäre die Zurückverwandlung einer Wabenstruktur in eine Emulsion durch Zunahme der Hyaloplasmagrundmasse in Sonderfällen in Erwägung zu ziehen.

Schließlich lassen sich auch die Befunde, die *Altmann* zu seiner Granulatheorie veranlaßten, dadurch deuten, daß sich körnige Einlagerungen in einem Schaum fast immer in den Knotenpunk-

[1]) *Bütschli*, Arch. f. Entwicklungsmechanik *11* (1901), S. 563.

[1]) Man überzeugt sich hiervon nach *Bütschlis* Vorschlag leicht durch eine entsprechende Zeichnung; in gewisser Entfernung verschwinden die gleich dicken Querverbindungen unserem Auge vollkommen, während lange Linien allein deutlich sichtbar bleiben.

ten des Schaumwerkes einstellen. Hier ist aber gleichzeitig das Hyaloplasma stärker zusammengehäuft, die Knotenpunkte treten also an sich schon namentlich bei künstlichen Färbungen deutlicher hervor; sind nun außerdem die Einlagerungen noch besonders stark lichtbrechend oder färbbar, so tritt den, in den Knotenpunkten aufgestellten stark hervorstechenden, Körperchen gegenüber die zarte und blasse Schaumwandstruktur ganz zurück und wird namentlich bei Anwendung intensiver Beleuchtung leicht übersehen, so daß die wabige Grundmasse, wie *Altmann* angab, den Granula gegenüber leicht homogen erscheinen kann.

Somit löst die Bütschlische Wabentheorie in weitgehender Weise die Widersprüche, die zwischen den übrigen Plasmatheorien vorhanden sind; sie war schon bei ihrer ersten Ausführung sozusagen die gemeinsame Abkrönung des Befundmaterials, das die übrigen Protoplasmatheorien veranlaßt hat, oder sie ist gewissermaßen die gemeinsame Resultante aus den übrigen Theorien.

Diese Aufnahmefähigkeit für die anderen Theorien und diese Aussöhnungsmöglichkeit mit den anderen waren es aber keineswegs allein, die der Bütschlischen Auffassung eine große Durchschlags- und Überzeugungskraft sicherten, es traten vielmehr hierbei noch drei nicht minder wichtige Faktoren helfend hinzu; nämlich in erster Linie die unbedingte Zuverlässigkeit, welche überall aus *Bütschlis* gesamter Forschertätigkeit auch auf anderen Gebieten hervorleuchtete, dann der Umstand, daß die Bütschlische Theorie eine ganze Reihe von protoplasmatischen Lebenserscheinungen ohne weiteres mechanisch verständlich machte, während die übrigen ihrem ganzen Charakter nach nur einzig beschreibenden Theorien, von der Bertholdschen freilich abgesehen, in dieser Beziehung rein nichts zu leisten vermochten, und schließlich die Tatsache, daß *Bütschli* seine Theorie noch dadurch auf eine weit breitere Grundlage stellte, daß er die Plasmastruktur in äußerst eingehenden Untersuchungen auch mit anderen nicht lebenden Strukturen verglich, und daß er hierbei in dem Wabenbau ein weithin geltendes Prinzip erkannte, das er auch für eine ganze Reihe anderer Objekte mit unparteiischen, technisch vollendeten Mikrophotographien zur Darstellung bringen konnte.

Bütschli hatte 1876 Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle veröffentlicht und sich vorher schon und später durch außerordentlich gründliche Detailuntersuchungen an Protozoen ein großes Ansehen errungen, das für das Gebiet der Protozoen in seiner imposanten, in Kürze, Ausführlichkeit, Vollständigkeit der Darstellung und Klarheit der Kritik gleich klassischen Darstellung dieses Unterreiches in „*Bronns* Klassen und Ordnungen des Tierreichs" einen gewissen Gipfelpunkt (1880—89) erhielt. Wohl kein anderer der Plasmatheoretiker hatte soviel lebendes Protoplasma gesehen wie er bei seinen Protozoenstudien, und sicher hatte noch kein Zweiter die vorhandene einschlägige Literatur kritisch so scharf durchgeackert wie er, ehe er von 1891 ab seine Theorie energischer zu vertreten begann.

Bütschli hat den Namen für seine Lehre von den Bienenwaben wegen ihres an einen Schaum erinnernden sechseckigen Kämmerchenwerkes entlehnt; die Bezeichnung ist aber nicht sehr glücklich gewählt, weil die Waben nur zwei Kämmerchenschichten nebeneinander zeigen und aus fester Substanz (Wachs) hergestellt sind, während die Hyaloplasmakämmerchen das Protoplasma nach allen Richtungen hin durchsetzen und flüssig sind. Zweckmäßiger scheint es heutigen Tages wegen der kolloidalen Eigenschaften des Protoplasmas, im Anschluß an die Ausdrucksweise der Kolloidchemie, von einem spumoiden Bau des Protoplasmas oder kurz vom Protoplasmaspumoid zu reden; doch tut der Name wenig zur Sache; der Inhalt der Theorie wird durch diese Ausstellung nicht geändert.

Die einzelnen Schaumkämmerchen sind nur 0,5—1 μ im Durchmesser groß, aber immerhin groß genug, um von eigentlichen Molekularstrukturen noch um viele Größenordnungen getrennt zu sein, so daß die Theorie volle Freiheit für jede sonst begründbare weitere Annahme über die Molekularstruktur von Hyaloplasma und Enchylema gewährt. Die einzelnen Schaumkämmerchen des heteromorphen Protoplasmagefüges brauchen nicht immer so regelmäßig wie in einem aus Flüssigkeit und Gas (Luft) bestehenden Schaum gebildet zu sein; sie sind nicht etwa als niedere Elementareinheiten mit eigener Teilungsfähigkeit[1]) aufzufassen, sondern eben nur als Strukturteile des Protoplasmas; auch kann das Protoplasma seinen gewöhnlichen flüssigen Zustand partiell oder temporär in einen festen überführen, so z. B. bei der äußeren Lamelle der sogen. Alveolarschicht oder in der Fibrillenstruktur der Achsenzylinder und Muskelfibrille, ganz abgesehen von gelegentlichen, sonstigen festen Abscheidungs- und Umwandlungsprodukten, die nicht mehr lebendes Plasma sind, wenn sie auch vielfach noch in ihrem festen, nicht mehr plasmatischen, lebolosen Zustand einen schaumigen Kämmerchenbau bewahren.

Bei der Kleinheit der Netzmaschen bzw. der Waben des Protoplasmas ist es, wie gesagt, kaum möglich, mit unseren optischen Hilfsmitteln direkt zu entscheiden, ob ein netzförmiger oder ein schaumförmiger Bau vorliege, der direkte Anblick muß in beiden Fällen derselbe sein. „Wir müssen uns daher nach anderen Gründen umsehen, welche zu einer Entscheidung führen." Ein Netzgerüst in einer Flüssigkeit, als welche das Chylema zu beurteilen ist, wäre nur, wie schon her-

[1]) Man kann sich die mit dem Wachstum nötige Vermehrung der Kämmerchenräume durch Wasseraufnahme in den durch Wachstum verdickten Hyaloplasmawänden unschwer vorstellen.

vorgehoben, bei einer nichtflüssigen, mehr oder weniger festen, wenn auch vielleicht nicht starren, Beschaffenheit des Gerüstes denkbar; gegen eine solche nichtflüssige Beschaffenheit des Gerüstes spricht aber ebensowohl seine Strömungsfähigkeit als auch der Umstand, daß Flüssigkeitstropfen, die im Plasma als „Vakuolen" eingelagert sind, stets kuglige Form annehmen. Auch zeigt sich, daß die Vakuolen stets von einer zusammenhängenden Lamelle der Gerüstsubstanz umschlossen sind, so daß sich die Maschen eines als fest angenommenen Gerüstes jedesmal zu einer zusammenhängenden Lamelle zusammenschließen müßten; ebenso müßte auch die Oberfläche eines Plasmakörpers, die stets von einer zusammenhängenden Lamelle der Gerüstsubstanz gebildet wird, sich aus den Netzfasern heraus sekundär erst zu einer dichten Lamelle zusammenschließen, so daß die Schwammgerüst- und Filartheorie zu komplizierten Annahmen gezwungen sind, die für die Wabentheorie ganz in Wegfall kommen, weil ja das flüssige Hyaloplasma Vakuolen- und Plasmaoberfläche ohne weitres mit einer zusammenhängenden Flüssigkeitslamelle überdecken wird. Im Gegensatz zu solchen Schwierigkeiten, die feste Strukturelemente mit sich brächten, lehrte *Bütschli* mikroskopische Schäume herstellen, deren Strukturen denen des Plasmas zum Verwechseln ähnlich sind, und die außerdem geeignetenfalls mehrere Tage lang amöboide Strömungserscheinungen zeigen, also doch zweifellos aus sich selbst heraus und nicht durch äußeren Anstoß gewisse Tätigkeiten leisten, wie man sie bis dahin nur von wirklichen Organismen kannte; so daß also durch die Bütschlische Lehre nicht nur die Struktur, sondern auch mit der Struktur zugleich die mechanische Leistungsfähigkeit des Plasmas in gewissem Umfange, der im folgenden noch Erweiterung finden wird, dem Verständnis näher gebracht wird.

Für Schäume gelten in der Physik besondere, in größerem Maßstabe zuerst von *Plateau* festgestellte Gesetze, es war daher geboten, die Eigentümlichkeiten der Protoplasmastrukturen auf die Gültigkeit dieser Gesetze hin zu prüfen. Diese hauptsächlich 1898 von *Bütschli* durchgeführte Prüfung ergab Übereinstimmung in nachfolgenden acht wesentlichen Erscheinungen: 1. Bei künstlichen Schäumen können mechanisch immer nur drei Lamellen in einer Kante zusammenstoßen. Im mikroskopischen Bild bei Unterbeleuchtung müssen dementsprechend an der Grenze jeder Einzelmasche drei Linien in einem Knotenpunkt zusammenlaufen; das tun sie in der Tat beim Protoplasma ebenso wie bei künstlichen mikroskopischen Schäumen. 2. Kleine Körperchen, die dem Schaum als Beimengung eingelagert sind, sammeln sich meist in künstlichen Schäumen in den Knoten des Schaumwandsystemes an; das gleiche zeigt sich gleich häufig im mikroskopischen Bilde des Protoplasmas. 3. Bei einem Schaum stellen die Schaumkämmerchen ihre an die Oberfläche angrenzenden Schaumwände mechanisch senkrecht zur Oberfläche. *Bütschli* nennt die auf solche Weise ausgezeichnete oberflächliche Kämmerchenschicht „Alveolarschicht" und weist sie bei verschiedenartigen Plasmakörpern ebenso nach wie bei künstlichen mikroskopischen Schäumen. 4. Um kuglige Einlagerungen und um besonders große Waben künstlicher Schäume nehmen die Scheidewände der an die Einlagerungen zunächst anstoßenden Waben eine radiäre Stellung ein. Dasselbe Bild hat *Bütschli* und nach ihm auch andere (z. B. *Schaudinn*) in kugligen Einlagerungen anliegenden Plasmateilen nachgewiesen. 5. Wenn zähflüssige Schäume unter Wirkung von Zugkräften gestellt werden, so nehmen ihre im Zugwirkungsfelde liegenden Kämmerchen eine besondere Umlagerung ihrer Wandsysteme vor. Die Wände stellen sich nämlich entweder in parallele Bahnen ein, die Struktur wird parallelstreifig (vgl. oben), wenn die Zugrichtung senkrecht auf ein Kammerwandsystem auftrifft, oder sie wird dagegen mehr oder weniger schräg kreuzstreifig oder spiralstreifig, wenn die Zugkraft die Kämmerchen an einer anderen Stelle, am ausgesprochensten, wenn sie sie bei einem Kanten- oder Knotensystem anfaßt. Dieselben Erscheinungen zeigen auch unter Zugwirkung stehende Plasmamassen; parallelstreifige und spiralstreifige Zellstrukturen, die auf ähnliche Weise ihren Ausgang genommen haben können, sind im Organismenreiche (Muskeln, Flagellen, Cilien, pflanzliche Zellmembranen und andere) weit verbreitet. 6. Ist die Zugwirkung eine zentrale, so entstehen in künstlichen zähflüssigen Schäumen ebenso wie im Protoplasma weitgehende Strahlungen, die nach dem Zugzentrum hin gerichtet sind. 7. Mikroskopische Schäume streben infolge ihres rein flüssigen Gefüges in flüssiger Umgebung, sich selbst überlassen, nach Abkuglung; das gleiche zeigt sich bei künstlich abgetrennten lebenden Plasmapartien. 8. Vielleicht darf auf ähnliches physikalisches Verhalten auch die von *Bütschli* gemachte Erfahrung zurückgeführt werden, daß Temperatursteigerung die schon vorhin genannten amöboiden Bewegungen bei künstlichen Schäumen ebenso beschleunigt wie bei lebenden amöboiden Zellen.

Außer diesen von *Bütschli* namhaft gemachten Übereinstimmungen zwischen Schaummechanik und Protoplasma sind dann noch von anderen Seiten eine Reihe andrer nicht minder wichtiger namhaft gemacht worden, unter denen wir hier nur auf folgende hinweisen. Jedes Kämmerchen des Protoplasmagefüges kann, wie *Hofmeister* dargetan hat, als ein gesondertes chemisches Laboratorium funktionieren; es bietet sich also ein Verständnis dafür, daß verschiedene Protoplasmateile innerhalb der gleichen Zelle jene verschiedenartige Ausbildung und Betätigungsmöglichkeit besitzen, die in der histologischen Struktur der Zellen deutlich zutage tritt. Der Verfasser dieser Zeilen hat dann unter anderem weiter darauf auf-

merksam gemacht, daß das den Schaumwänden allgemein zukommende Streben nach Minimalflächen (Oberflächenspannung der Schaumwände) jedem Schaum eine Innenspannung mitteilt, welche die Schaumkämmerchen, solange die Oberflächenspannung der Schaumwände nicht durch besondere Mittel, chemische, thermische Einflüsse usw., geändert wird, mit einer Nachhaltigkeit in ihrer jeweiligen Lage festzuhalten strebt, wie sie sonst nur durch Kleingerüste von alleräußerster Festigkeit zu erreichen wäre. Der Einwand, daß sich die Strukturbeständigkeit der Zellen nicht mit einem reinflüssigen Zustand der Plasmakonstituenten vertrüge, ist daher für die Wabenlehre gänzlich hinfällig. Schäume und genau ebenso das Protoplasma verhalten sich äußeren mechanischen Eingriffen gegenüber in vieler Hinsicht wie feste Körper, sie zeigen elastische und bei längerer Einwirkung knetbar plastische Reaktionen, so daß vollauf erklärlich wird, wenn man den Aggregatzustand des Protoplasmas früher mehrfach als einen Zwitterzustand zwischen Fest und Flüssig oder als flüssigfest, festweich und dgl. bezeichnet hat. Strömungsmöglichkeit und Strukturfestigkeit finden sich nur in einem flüssigen Schaumgemenge in gleicher Weise so, wie beim Protoplasma nebeneinander. Weiterhin erklärt sich die allgemeine ursprüngliche Kontraktilität des Protoplasmas in einfachster Weise auf Grund des Wabenbaues; jedes Wabenräumchen repräsentiert gewissermaßen eine Inotagme der Engelmannschen Kontraktionstheorie, jede Steigerung des hydrosmotischen Druckes in der Umgebung eines beliebigen Teiles des Kämmerchenwerkes kann den betreffenden Teil des Protoplasmas, wenn nicht andere Verhältnisse dagegen sind, durch Wasserentziehung zum Zusammensinken, d. h. eben zur Kontraktion, veranlassen, während sich die hypertonischen Plasmapartien entsprechend ausdehnen, wie ja gemeinhin im lebendigen System jedes Kontraktionsvermögen mit einer antagonistischen Dilatation in andrer Richtung oder an andrer Stelle verbunden zu sein pflegt (die kontrahierte Muskelfibrille gewinnt an Breite). Auch Oberflächenspannungsveränderungen oder Quellungsänderungen (Muskelfibrillen) in den Wabenräumchen können zu Kontraktionen führen.

Diese Aufzählung wird zeigen, wieviel „Protoplasmatisches“ sich tatsächlich durch die Mechanik der Schäume erklären oder wenigstens einer Erklärung näher bringen läßt. Gleichwohl hatte die Bütschlische Wabentheorie nach 1892 noch heftige Einwände und Angriffe zu bestehen, auf die aber nicht näher eingegangen zu werden braucht, da sie *Bütschli* bereits 1901 in seiner Arbeit „Meine Ansicht über die Struktur des Protoplasmas und einige ihrer Kritiker“[1]) so gründlich widerlegt hat, daß seit dieser Zeit die ablehnenden Stimmen nahezu gänzlich verstummt sind; womit jedoch nicht gesagt sein soll, daß diese gegenwärtige Ruhe unbedingt als eine ganz allgemeine Zustimmung zu deuten wäre.

Allerdings ist es ja auch gar nicht leicht, sich von dem Wabenbau des Plasmas zu überzeugen; zur Deutung der mikroskopischen Struktur gehört eben eine äußerst eingehende theoretische Schulung, die *Bütschli* sich durch das Studium immer feiner angesetzter Ölemulsionsschäume mühsam errungen hat, ohne die man aber leicht bei der Beurteilung der Strukturen immer wieder schwankend werden kann; so muß man unter anderem wissen, daß bei hoher Einstellung auf eine wabige Emulsion, z. B. auf eine solche von Öltröpfchen in Gelatine, das optisch dichtere Medium weiß auf dunklem Grunde erscheint, bei tiefer aber dunkel auf hellem Grunde; daß bei zu hoher Einstellung falsche Netzbilder, nämlich Zerstreuungskreise, die sich schneiden, entstehen, und daß bei nahezu richtiger Einstellung die Öltröpfchen unsichtbar werden, um die Wabenstruktur überhaupt richtig ausdeuten zu können.

Eine gute Unterstützung bei derartigen Schulungen bietet das Studium des mit 300 Mikrophotographien (über 1000fache bis 3000fache Vergrößerungen!) ausgestatteten Atlasses, den *Bütschli* seinem 1898 erschienenen Werke „Untersuchungen über Strukturen“ beigegeben hat, hier werden die nichtzelligen Bestandteile des Organismus mit zahlreichen Stoffen der anorganischen Natur verglichen und allwärts in ihrem wabigen Aufbau zur Darstellung gebracht. Dieser ist aber bei manchen dieser Erzeugnisse besonders deutlich und auch dem Anfänger sehr bald einleuchtend.

Man könnte vielleicht auf erleichterte und unmittelbare Aufschlüsse des Schaumgefüges von seiten des Ultramikroskopes hoffen. Es scheint aber nicht, daß sich mit den seitherigen Ultraskopen auf diesem Gebiet viel erreichen läßt. Das Ultramikroskop zeigt ja noch viel weniger den wirklichen Stand der Dinge als das gewöhnliche Mikroskop; seine Hauptbedeutung besteht bekanntermaßen in der optischen Trennung von Flüssigkeiten und festen oder wenigstens optisch dichteren Submikronen, die in den Flüssigkeiten suspendiert sind, während es seiner ganzen Natur nach weit weniger geeignet ist, heterogene Flüssigkeitssysteme, deren Konstituenten nur einen relativ geringen Unterschied im Lichtbrechungsvermögen aufzuweisen haben, wie das sicher beim Hyaloplasma und Enchylema des lebenden Protoplasmaschaumgefüges der Fall ist, optisch auseinanderzuscheiden; so erscheinen lebende Plasmen im Ultramikroskop häufig optisch leerer als unter dem gewöhnlichen Mikroskop; selbst Zellkerne, die unter letzterem noch deutliche Strukturen zu erkennen geben, können ultraskopisch völlig leer erscheinen. Ein aus Öl und Gummiarabikum im Reibtiegel zusammengemischtes Spumoid ließ bei Versuchen des Ref.

[1]) Archiv f. Entwicklungsmechanik 11 (1901).

unter dem Paraboloid-Ultramikroskop keinerlei Anzeichen von den Schaumwänden erkennen, die bei gleicher Vergrößerung ohne weiteres unter dem gewöhnlichen Mikroskop zu sehen waren, nur glitzernde Pünktchen und dendritische Beugungsgerüste kamen zum Vorschein. Man sieht, daß leider auch das Ultramikroskop vorläufig nicht in der Lage sein wird, das Wabenwerk des Protoplasmas auf leichtere Weise und in direkt sichtbarer, absolut eindeutiger Form zur Erscheinung zu bringen.

Bei dieser Unzulänglichkeit unsrer derzeitigen optischen Hilfsmittel der Mikrostruktur des Protoplasmas gegenüber scheint es nicht ohne Belang, daß auch noch auf höheren Größenordnungen, ja sogar im makroskopischen Gebiet sehr leicht in flüssigen Systemen eine „schaumige Anordnung" verschiedener Flüssigkeitsphasen entsteht, auch wenn die Phasendifferenzen der zusammenwirkenden Flüssigkeiten nur sehr geringe sind; so scheidet sich nach den Beobachtungen *Quinckes* (1888, 1902—1904) ganz allgemein in wäßrigen Kolloidlösungen bei bestimmten Konzentrationen aus der scheinbar homogenen Lösung eine ihrer Konsistenz nach ölartige Flüssigkeit *A* ab, die aus Wasser und viel Kolloidsubstanz besteht, und eine Flüssigkeit *B*, die wasserreicher ist und wenig Kolloidsubstanz enthält; beide bilden oft schon bei schwacher Vergrößerung sichtbare und dann unzweifelhaft deutbare Kugeln, Blasen oder Schaumgefüge miteinander, deren Grenzflächen zu der umgebenden Flüssigkeit eine merkliche Oberflächenspannung besitzen. Läßt man eine erhitzte Paraffinschicht über erwärmtem Quecksilber langsam erkalten, so scheidet sich bei einer gewissen Temperatur eine früher erstarrende Paraffinpartie in Schaumwand und Zellenform ab und umschließt die noch flüssigen Partien, die in die Kämmerchen eingelagert werden; die Dimensionen der Kämmerchen nehmen mit der Höhe der Paraffinschicht ab und können so aus dem Makroskopischen in das Mikroskopische übergeleitet werden (*Magnus*). Trägt man auf Salzwasser, das auf eine horizontale Glasplatte ausgegossen wird, längs seiner Peripherie Tropfen von konzentrierter und mit chinesischer Tusche gefärbter Salzlösung auf, so nimmt nach einiger Zeit die Gesamtmischung ein völlig schaumartiges Gepräge mit tuscheschwarzen Schaumwänden an (*Leduc*). Man sieht, wie groß die Neigung zu schaumigen Strukturbildungen bei heterogenen Flüssigkeitssystemen der verschiedensten Art unter ganz verschiedenen Umständen sein kann, und kann darum auch derartige Strukturen für das Protoplasma nicht befremdlich finden.

So begegnet die Bütschlische Wabentheorie des Protoplasmas nirgends irgendwelchen ernsthaften physikalischen Schwierigkeiten, sie gelangt zu einer unanfechtbaren Interpretation des mikroskopischen Plasmabildes und hat sich außerdem in geradezu erstaunlicher Weise als Führerin bei weiteren zellmechanischen Theorien (Zellteilung, automatische Aufstellung von Drucktrajektorien usw.), auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, bewährt. *Bütschli* ist der erste und einzige, der die intimsten Strukturen des Protoplasmas nicht bloß durch das bei so starken Vergrößerungen nicht unzweideutige optische Aussehen des Protoplasmas, sondern auch durch dessen physikalisches Verhalten aufgedeckt und theoretisch weiter verwertbar gemacht hat.

Bütschli ist nun tot und seine Wabentheorie hat jetzt schon die 30 Jahre hinter sich, die man erfahrungsgemäß physikalischen Theorien bis zur Ablösung durch andere Anschauungen als Lebensdauer zuzuschreiben pflegt; man könnte demnach glauben, daß auch die Wabentheorie bald eines Ersatzes durch eine andere bedürftig sei, aber sie ist gar keine Theorie in dem Sinne eines bloßen Lehrgebäudes, für die die 30-Jahre-Regel Geltung hat, sondern sie ist die kurze Zusammenfassung der optischen und mechanischen Eigentümlichkeiten des Protoplasmas. So wird die Bütschlische Wabentheorie weiter lebendig bleiben bei allen, die sich mit den Struktureigentümlichkeiten und mit den mechanischen Leistungen des Protoplasmas zu beschäftigen haben.

Die im Text bereits mit Jahreszahlen genannten einschlägigen Hauptwerke *O. Bütschlis*, von denen aus man in der Literatur leicht weiter finden wird, sind sämtlich in Leipzig verlegt. Außerdem vergleiche man *L. Rhumbler:* „Das Protoplasma als physikalisches System" in: Ergebnisse der Physiologie. Jahrg. XIV, Wiesbaden (1914) S. 474—617, mit ausf. Literaturliste.

Otto Bütschli und das Befruchtungs- und Todproblem.

Von Max Hartmann, Berlin-Dahlem.

Im Jahre 1882 haben unabhängig voneinander *Aug. Weismann* und *O. Bütschli* Gedanken über die sogen. potentielle Unsterblichkeit der Einzelligen, die Entstehung des physiologischen Todes und die Bedeutung der Befruchtung veröffentlicht, die den Ausgangspunkt gebildet haben zu einem die biologische Forschung bis auf den heutigen Tag aufs lebhafteste interessierenden Komplex von Problemen. Die vielfach übereinstimmenden Anschauungen der beiden Forscher waren bekanntlich nicht nur für die Entwicklung der theoretischen Biologie von größter Bedeutung, sondern haben auch eine große Reihe von wichtigen experimentellen Untersuchungen veranlaßt. Ja *Bütschli* hatte schon 1876 eine der hiermit in Zusammenhang stehenden Fragen (allerdings ganz abweichend wie später *Weismann*) aufgeworfen und, was das Wichtigste ist, experimentell

zu lösen versucht, unseres Wissens der erste Lösungsversuch eines Entwicklungsproblems durch das Experiment in der zoologischen Literatur. Es handelte sich um die Frage, ob die Befruchtung als ein Verjüngungs- oder Regulationsvorgang zu beurteilen sei, hervorgerufen oder bedingt durch ein Altern, wenn auch nicht der Individuen, so doch der Generationen. *Bütschli* (1876) und nach ihm *Maupas* (1887 und 88) haben diese Frage durch Züchtungsversuche in der Weise zu lösen versucht, daß sie die Befruchtung ausschalteten und prüften, ob nicht nach mehr oder minder lang durchgeführter, rein ungeschlechtlicher Fortpflanzung eine sogenannte physiologische Degeneration eintrete. Durch die spätere Weismannsche Formulierung der Probleme war allerdings die ursprünglich rein physiologische Problemstellung *Bütschlis* teilweise verwischt worden, dadurch, daß das Todproblem bzw. die Unsterblichkeitsfrage mit dem Befruchtungsproblem von *Weismann* aufs engste verknüpft worden war. Doch ist nicht zu leugnen, daß gerade dadurch die Fragen ein erhöhtes biologisches Interesse fanden und die Entwicklung der theoretischen Biologie entscheidend beeinflußten. Es ist heute, wo man diesen Problemen im allgemeinen mehr in der vorsichtigeren Art *Bütschlis* gegenübersteht, von großem Reiz, die ersten Veröffentlichungen der beiden großen Biologen zu vergleichen und den geistigen Anteil der beiden an der Aufstellung der leitenden Ideen zu prüfen. Die große Verschiedenheit der wissenschaftlichen Charaktere dieser beiden großen Forscher wird dadurch klar beleuchtet.

Es ist allgemein bekannt, daß die Lehre von der sogen. Unsterblichkeit der Protozoen und die hiermit aufs engste in Zusammenhang stehende und gewissermaßen daraus herausgewachsene Keimplasmalehre ganz an den Namen *Weismanns* geknüpft ist. Und dies mit Recht. War es doch gerade die imponierende Einseitigkeit, mit der *Weismann* diese Gedanken zu einer umfassenden Vererbungs- und Entwicklungslehre ausbaute, und die Kraft der Überzeugung, mit der er sie vortrug, die diesen Lehren die große Beachtung und den großen Einfluß in der Biologie verschaffte. Und doch kann es keinem Zweifel unterliegen, daß *Bütschli* nicht nur die Idee der sogen. Unsterblichkeit (1882), sondern auch den Gedanken des Keimplasmas (1876) (wenn auch nicht in der einseitigen Klarheit *Weismanns*) selbständig erfaßt hatte. Aber es ist bezeichnend für den wissenschaftlichen Charakter *Bütschlis*, daß er zugleich den Gedanken einer verjüngenden Bedeutung der Befruchtung, den *Weismann* völlig ablehnte und für unvereinbar mit seinen Anschauungen hielt, nicht nur nicht als eine dazu im Gegensatz stehende Auffassung betrachtete, sondern sogar letztere allein für sicher begründet hielt auf Grund einiger eigenen Versuche an *Paramaecium putrinum* (1870) und vor allem der späteren von *Maupas*. *Bütschli* stand eben seinen eigenen theoretischen Vorstellungen stets äußerst kritisch gegenüber, und diese seine kritische Art sowie seine gerade auf dem Gebiete der Protozoen umfassenden Kenntnisse ließen ihn die Schwierigkeiten, die der einseitigen Betonung und Ausdehnung einer Hypothese entgegenstehen, nicht aus den Augen verlieren, und hielten ihn bestrebt, stets noch andere Möglichkeiten zu erwägen und zu prüfen.

Um die physiologische Fragestellung schärfer hervortreten zu lassen, sei zunächst die Verjüngungshypothese der Befruchtung und die experimentellen Ergebnisse zu deren Lösung nach ihrem heutigen Stande unter besonderem Hinweis auf den Anteil *Bütschlis* an diesen Fragen geschildert und dann erst noch kurz auf das Todproblem und die übrigen Befruchtungshypothesen eingegangen.

Die erste ernst zu nehmende biologisch begründete Hypothese der Befruchtung war die oben erwähnte, zuerst 1876 von *Bütschli* geäußerte Verjüngungshypothese. Sie wurde seit *Bütschli* und *Maupas* fast ausschließlich an Infusorien experimentell zu lösen versucht. Der Stand dieser viel untersuchten Frage bei Infusorien ist gegenwärtig folgender: Die genauen, mit sorgfältiger Technik in Zählkulturen[1]) durchgeführten Zuchten von *Woodruff* (1911) haben zwar ergeben, daß sich die Befruchtung im Gegensatz zu den durch ungenügende Technik bedingten Resultaten von *Bütschli, Maupas* und ihren Nachfolgern ohne Schädigung für die Infusorien Tausende von Generationen hindurch ausschalten läßt. Doch finden sich, wie weiterhin *Woodruff* sowie *Woodruff* und *Erdmann* (1914 und 1915) gezeigt haben, von Zeit zu Zeit Schwankungen im Teilungsrhythmus, die mit einem Zugrundegehen des alten und Bildung eines neuen Macronucleus nach wiederholten Micronucleusteilungen verbunden sind. Diese schon früher von *R. Hertwig* beobachteten und mit Recht als Parthenogenese bezeichneten zytologischen Vorgänge treten aber nicht, wie *Woodruff* und *Erdmann* angenommen hatten, nur periodisch auf und sind nicht aus inneren Bedingungen veranlaßt, sondern können nach den neuesten Versuchen von *Jollos* 1916 jederzeit durch äußere Faktoren ausgelöst werden. Die Periode des Auftretens kann also beliebig verkürzt, aber auch stark verlängert werden; doch vermochte auch *Jollos* sie nicht völlig auszuschalten. Aber selbst wenn bei Infusorien die Parthenogenese nicht vermeidbar wäre, was aber durchaus nicht bewiesen ist, so würde dieses Resultat keine entscheidende Antwort in der Verjüngungsfrage bedeuten. Denn an Infusorien ist diese Frage überhaupt nicht lösbar wegen der Verquickung des Befruchtungsvorganges mit der Neubildung des Macronucleus. Das hatte *Bütschli*

[1]) Schon *Bütschli* hat in seinem Protozoenwerk *Maupas* gegenüber eine genauere Technik mit Zählkulturen bei konstanter Temperatur für notwendig erklärt.

schon gesehen (1887—89, S. 1641). Um die Frage nach der Natur der Übelstände, welche sich nach seiner Überzeugung auf Grund der damals vorliegenden Versuche im Leben der Infusorien allmählich einstellen und durch die Konjugation beseitigt werden, aufzuklären, hatte er 1882 angenommen, daß der Macronucleus der Infusion wie die Gewebszellen der Heteroplastiden allmählich verbraucht würden (Soma) und nur die Geschlechtszellen der Metazoen und der Micronucleus das Regenerationsvermögen für den verbrauchten Stoff besäßen, wogegen den übrigen Einzelligen allgemein dieses Vermögen zukomme[1]).

In seinem Protozoenwerk sieht er jedoch die Schwierigkeit, die für diese Hypothese darin liegt, daß sie die einfache Kopulation zweier anscheinend gleicher Einzelligen nicht erklärt. „Denn da sie voraussetzt, daß deren Kerne den betreffenden Stoff zu regenerieren vermögen, so ist nicht einzusehen, warum eine Kopulation auftritt. Ebenso ist nicht zu begreifen, weshalb die Infusorien konjugieren, da ja der Ersatz ihres Macronucleus durch den regenerationsfähigen Micronucleus auch ohne Konjugation geschehen könnte" (1889, S. 1641) (Parthenogenese).

Diese Schwierigkeiten hatten *Bütschli* schon damals veranlaßt, in seinem Protozoenwerk eine weitere Befruchtungshypothese zu entwickeln, zu der er von seinem Freunde *Azkenasy* angeregt worden war, die man kurz Sexualitätshypothese nennen kann. Ehe darauf näher eingegangen wird, sei aber die Besprechung der Verjüngungsfrage noch zu Ende geführt.

Nachdem die von *Bütschli* 1889 theoretisch für möglich gehaltene Parthenogenese und die dadurch bewirkte Regeneration des Macronucleus neuerdings von *Woodruff* und *Erdmann* 1914 nachgewiesen ist, ist es klar, daß *Bütschlis* Erklärungsversuch der Verjüngung bei der Befruchtung von 1882, der gewissermaßen einen Teil der Weismannschen Keimplasmalehre in sich birgt, nicht eine allgemeine Befruchtungstheorie ausmacht, da dasselbe ja auch ohne Befruchtung durch Parthenogenese erreicht wird. Die Infusorien können eben für die Entscheidung der Verjüngungsfrage überhaupt nicht herangezogen werden, ein Standpunkt, den neuerdings auch *Jollos* und *Hartmann* vertreten. Im Hinblick auf diese Sachlage hat daher *Hartmann* (1917 u. 1920) seit 1915 in Zählkulturen die Volvocinee *Eudorina elegans*, deren Befruchtung eine einfache Kopulation darstellt, die nicht mit andersartigen biologischen Vorgängen verknüpft ist, zu diesen Versuchen verwandt, nachdem die Kultur gelungen war und alle Außenbedingungen gleichmäßig hergestellt werden konnten. Nachdem dieser Organismus nun über 1200 Generationen hindurch rein agam ohne Depression, ohne Parthenogenese oder sonstige Zell- oder Kernregulation gezüchtet werden konnte, scheint damit die endgültige Entscheidung über die Verjüngungshypothese der Befruchtung gefallen. Die in den früheren Versuchen an Infusorien und anderen Protozoen aufgetretenen Degenerationen und Depressionen sind eben keine physiologischen, sondern pathologische Erscheinungen, bedingt durch ungünstige Kulturbedingungen und ungenügende Kulturtechnik.

Hier seien nun gleich einige Bemerkungen über das Todproblem eingeschaltet. Es ist ohne weiteres klar, daß durch das eben mitgeteilte Resultat an *Eudorina* rein *sachlich* die Weismannsche Anschauung von der sogenannten potentiellen Unsterblichkeit der Protozoen bewiesen ist, wenn man als Unsterblichkeit der Protozoen ihre Fähigkeit bezeichnet, daß „der Kreislauf ihres Lebens, Teilung, Wachstum durch Assimilation, wiederum Teilung, niemals endet". Diese Fähigkeit aber potentielle Unsterblichkeit zu nennen, scheint eine unzulässige, weil zweideutige Begriffsbildung. Die Begriffe Alter, Tod und Unsterblichkeit werden von fast allen Autoren seit *Weismann* in verschiedenem Sinne gebraucht. Während sie ursprünglich von den Verhältnissen bei den höheren Tieren ausgehen und hier eng mit dem Begriff der Individualität verknüpft sind, sind sie später bei den Protozoen unbedenklich auf Generationsreihen übertragen worden. Auch *Bütschli* hatte schon 1882 als erster auf diese verschiedene Bedeutung der Begriffe Tod und Alter bei den Protozoen hingewiesen. Obwohl er auf die der Weismannschen Formulierung zugrundeliegende Tatsache, dem restlosen Übergang eines Protozoenindividuums bei der Teilung in seine Tochterzellen ohne Leiche, unabhängig von *Weismann* aufmerksam geworden war, hielt er sich, abgesehen davon, daß er auf Grund der damals vorliegenden Versuche eine Verjüngung der Generation durch die Befruchtung bei Infusorien für bewiesen erachtete, doch auch noch den Blick offen für eine andere Formulierung des Problems. Denn in demselben Artikel (1882) steht gleich darauf der Satz: „Der Tod der höheren Organismen ist nicht das Erlöschen des Lebens überhaupt, sondern das der individuellen Existenz, und demnach müßten wir auch sagen, daß die Fortpflanzung eines einzelligen Organismus zugleich der Tod desselben sei."

Dieser Gedanke ist später von *Goette* 1883 und *Hartmann* 1905 in verschiedenartiger Weise weiter ausgeführt worden, und dabei wurde von letzterem vor allem darauf hingewiesen, daß auch schon bei vielen Protozoen ein echter Individualtod mit Leiche vorkommt. Die Verjüngungsfrage wird nach diesen Auffassungen von der Befruchtung auf die Fortpflanzung verlegt, und letztere nicht nur als ein Vermehrungs-, sondern auch als ein Verjüngungsprozeß angesprochen.

[1]) *Bütschli* sah also bereits 1882, daß die Infusorienzelle nicht den übrigen Einzelligen gleichwertig ist, sondern daß der Macronucleus dem Soma der Metazoen entspricht, eine Einsicht, die viele Forscher heute noch nicht in ihrer Tragweite auf die hier vorliegenden Probleme erkannt haben.

Auch das ist ein physiologisches Problem, das einer experimentellen Prüfung zugänglich ist, wenn auch in der bisherigen Literatur nur Andeutungen nach dieser Richtung vorliegen (*Child*). Doch sind Versuche im Gange und hoffen wir, daß auch hier eine streng kausale Fragestellung und planmäßige Experimente im Geiste *Bütschlis* die Frage in irgendeiner Weise zu einer Entscheidung bringen und unsere biologischen Kenntnisse dabei bereichern und vertiefen mögen.

Nach dieser Abschweifung kehren wir zurück zum Befruchtungsproblem. Nachdem sich in der Frage nach einer verjüngenden Bedeutung der Befruchtung der ablehnende Standpunkt *Weismanns* trotz der unklareren Problemstellung durch die neueren Versuche sachlich als der richtige erwiesen hat, erhebt sich die Frage nach der physiologischen Bedeutung der Befruchtung von neuem.

Daß die Amphimixislehre *Weismanns*, die heute in der Biologie noch herrschende Befruchtungslehre, nicht den Anspruch erheben kann, die Befruchtung zu erklären, ist neuerdings mehrfach betont worden. Über die Physiologie, also die Ursachen der Befruchtung vermag sie nicht den geringsten Aufschluß zu geben. Die Amphimixis oder Keimplasmamischung ist nur die *Folge* der Befruchtung. Sie vermag somit kausal über die Befruchtung überhaupt nichts auszusagen. Sie ist eine Vererbungs- und Artbildungslehre, keine Befruchtungslehre. Auch *Bütschli* hat schon in seinem Protozoenwerk, obwohl überzeugter Anhänger von der Theorie der Kontinuität des Keimplasmas (er war ja schon 1876, wie oben bemerkt, selbständig zu ähnlichen Anschauungen gelangt), die Amphimixis als Befruchtungslehre für die Protozoen besonders *Gruber* gegenüber zurückgewiesen und dabei auch kritische Bemerkungen über das Zustandekommen von Keimplasmavariationen hinzugefügt, die ganz mit den herrschenden neueren Anschauungen der experimentellen Vererbungsforscher übereinstimmen.

Von allen Befruchtungshypothesen bleibt somit nur eine noch übrig, deren geistiger Vater ebenfalls *Bütschli* (1889) ist, die oben schon erwähnte Sexualitätshypothese. Das Schicksal dieser Hypothese war ein sehr merkwürdiges. Die Gedanken *Bütschlis* wurden so wenig beachtet, daß, als *Schaudinn* 1905 von ganz anderen Voraussetzungen aus zu einer fast übereinstimmenden Auffassung von der Bedeutung der Befruchtung gekommen war, die Bütschlischen Ausführungen in Vergessenheit geraten waren. Erst 1909 wurde gleichzeitig von *Doflein* und *Hartmann* wieder die Aufmerksamkeit darauf gelenkt. *Bütschli* ging von der allgemeinen Überlegung aus, daß durch fortgesetzte Teilung eines Kernes die Abkömmlinge schließlich ungleich werden müssen, da die Teilung eines Kernes in zwei möglichst gleiche Hälften wohl nie vollkommen erreicht wird.

Er dachte dabei hauptsächlich an ungleiche Quantitätsverhältnisse zwischen Chromatin und Achromatin (Plastin), so daß „sich eine Anzahl Individuen finden, in denen das Chromatin überwiegt, eine andere, für welche dies vom Achromatin gilt. Beiderlei Individuen stehen demnach in einem gewissen Gegensatz zueinander. Durch Verschmelzung zweier derselben und speziell ihrer Kerne würde der Normalzustand annäherungsweise wiederhergestellt werden" (*Bütschli* 1887 bis 89, S. 1642).

Bütschli deutete auch schon an, inwiefern sich die Hypothese, die schon bei morphologisch isogamer Kopulation eine innere, physiologische (*sexuelle*) Verschiedenheit annimmt, sich auch auf Formen mit extrem morphologischer sexueller Differenzierung ausdehnen ließe, indem an die eine Substanz (Achromatin) eine Erhöhung der Teilfähigkeit geknüpft sei und die Entstehung männlicher Individuen dadurch bedingt werde, umgekehrt an die andere die Bildung von Reservestoffen, wodurch der Charakter der weiblichen Zelle erzielt würde.

Nach dieser Auffassung ist also gewissermaßen jede Protisten- und Geschlechtszelle (die isogamen wie die sexuell verschiedenen) *hermaphrodit* oder *bisexuell*, und durch das Überwiegen des einen oder des anderen Faktors wird eine Zelle männlich oder weiblich in bezug auf eine andere Zelle, bei der der entgegengesetzte Faktor überwiegt.

Diese Bütschli-Schaudinnschen Ideen sind in neuerer Zeit von einer Reihe von Protistenforschern (*Prowazek, Hartmann, Enriques, Kniep*) aufgenommen und entsprechend den neueren Kenntnissen ausgebaut worden. Sie ist die einzige Hypothese, die nicht mit den inzwischen bekannt gewordenen Tatsachen der Befruchtungslehre im Widerspruch steht und sowohl das kausale Zustandekommen, wie das dauernde Ausbleiben der Befruchtung unter absolut gleichen äußeren Bedingungen (ohne Folge von Schädlichkeiten) verständlich macht. Vor allem aber wurden neuerdings auch Wege angegeben und beschritten, um die sich hieraus ergebenden Konsequenzen experimentell zu prüfen, und speziell über Pilze ist bisher eine Reihe interessanter experimenteller Arbeiten erschienen (*Blakeslee, Burgeff, Kniep*), die bei morphologisch isogamen Formen eine physiologische sexuelle Differenzierung erwiesen haben und sehr zugunsten der Hypothese sprechen. Es ist sicher zu erwarten, daß diese solange unbeachtet gebliebene Bütschlische Idee in den nächsten Jahren eine reiche experimentelle Bearbeitung erfahren und zur Bereicherung und Vertiefung unserer Kenntnisse über „diese Kardinalfrage des Lebens" führen wird, „da sie vielleicht doch die Keime zukünftiger richtiger Aufklärung enthält" (*Bütschli* 1889, S. 1642).

Otto Bütschli als Protozoenforscher.

Von Clara Hamburger, Heidelberg.

Der Name *Otto Bütschli* ist bekannt und verehrt weit über die Grenzen seiner Fachwissenschaft hinaus, sind doch die Probleme seiner Arbeiten nicht nur für den Zoologen und Biologen im weiteren Sinne, sondern auch für den exakten Naturwissenschaftler und den Philosophen von Interesse und Bedeutung! — Am meisten zur Popularisierung des Namens *Bütschli* unter den nicht zünftigen Wissenschaftlern (zu denen ich bezüglich der zoologischen Probleme auch einen großen Teil der praktischen Mediziner rechne) haben, neben seinen Protoplasmastudien, seine Arbeiten über Protozoen, speziell sein großes Protozoenwerk in „Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreichs" beigetragen. Darum sei es erlaubt, auf diese spezielle Seite seiner wissenschaftlichen Tätigkeit, insbesondere auf seine beiden Hauptwerke auf diesem Gebiete, etwas näher einzugehen.

Die erste Veröffentlichung *Bütschlis* aus dem Gebiete der Protozoenkunde dürfte nur wenigen bekannt sein, da sie unter dem Namen *W. Medicus* (in der Zeitschrift „Die Natur", 1871, mit dem Titel: *Unsere Kenntnis von den sogenannten Infusionstierchen*) veröffentlicht wurde.

Bütschli erzählt in der Nachschrift zu seinem Infusorienwerk, daß er diese Zusammenfassung der damaligen Kenntnisse über Infusionstiere 1869 verfaßt und dem Herausgeber der „Natur" zur Beurteilung und etwaigem Abdruck übersandt habe, ohne sich vorerst als Autor zu enthüllen; eine Antwort habe er nie erhalten. Um so mehr sei er erstaunt gewesen, nach Heimkehr aus dem Feldzug 1871, den Aufsatz, mit Abbildungen versehen, veröffentlicht zu finden, und er nahm damals an, daß der Herausgeber eigens für diesen Zweck das Pseudonym erfunden habe. — Merkwürdigerweise lernte *Bütschli* 1903 bei einem Besuch in Kaiserslautern einen 83jährigen Professor *W. Medicus* kennen, welcher mit jenem Pseudonym identisch war, und welcher in dem Wahn lebte, jenen Aufsatz verfaßt zu haben, obgleich er nur die Abbildungen dazu zusammengetragen hatte. (Das von *B.* selbst geschriebene, in der „Natur" wörtlich abgedruckte Konzept des Manuskripts ist noch vorhanden.)

Die erste eigene Untersuchung an Protozoen führte *Bütschli* 1872 in Kiel aus. Diese 1873 im Arch. f. mikr. Anatomie, Bd. IX, unter dem Titel: *„Einiges über Infusorien"* veröffentlichte Abhandlung beschäftigt sich mit Einzelheiten der Organisation verschiedener Protozoen; in erster Linie aber bildet sie den Auftakt zu mehreren Untersuchungen über die Konjugation der Infusorien, welche in dem großen Werke von 1876 *„Über die erste Entwicklung der Eizelle, die Zellteilung und die Konjugation der Infusorien"* ihren Abschluß fanden.

Eine volle Würdigung der durch diese Untersuchungen gewonnenen bahnbrechenden Resultate bezüglich der morphologischen Beurteilung der Infusorien und der Vorgänge bei der Konjugation sind nur möglich, wenn wir uns den damaligen Stand der Erkenntnis dieser Probleme kurz vor Augen führen.

Obgleich schon 1835 durch *Dujardin* und 1845 durch *Siebold* die Lehre *Ehrenbergs* von der den Metazoen nahestehenden Organisation des Infusorienkörpers heftig bekämpft und an deren Stelle ihre Auffassung als einfache Sarcodetierchen getreten war, erstanden der Lehre *Ehrenbergs* (wenn auch in etwas veränderter Form) unter namhaften Protozoenforschern immer wieder neue Verfechter. Namentlich *Claparède* und *Lachmann* beurteilten die Infusorien als coelenteraten — oder wurmähnliche Organismen, und *Balbiani* schloß sich ihnen im wesentlichen an, während *Stein* dem Einzelligkeitsstandpunkte näher stand. Aber auch die Anhänger dieser letzteren Anschauung gerieten bei der Beurteilung der Konjugationszustände in Widersprüche hinsichtlich der Beurteilung des sogenannten Nucleus (jetzt Macronucleus) und Nucleolus (jetzt Micronucleus), welche hierbei eine wichtige Rolle spielen.

Bezüglich der Beurteilung der Konjugation selbst, war, nach Widerlegung der Steinschen Acinetentheorie (d. h. dem Generationswechsel zwischen Infusorien und Acineten, *Stein,* 1854) durch *Claparède* und *Lachmann* (1859—61), die von *Balbiani* (1861) vertretene Anschauung die herrschende. Die Grundzüge seiner Lehre waren etwa folgende: Der Nucleus der Infusorien stellt das Ovar, der Nucleolus (der häufig erst während der Konjugation entstehen soll) den Hoden dar, aus denen zur Zeit der Konjugation ein oder mehrere Eier respektive die Spermatozoen hervorgehen, welche sich wechselseitig befruchten. Die befruchteten Eier gelangen ins Wasser und sollen sich hier weiter entwickeln. — Nach endgültiger Aufgabe der Acinetentheorie nahm auch *Stein* einen *Balbiani* ähnlichen Standpunkt ein, war jedoch bezüglich der Beurteilung des Nucleus und der aus ihm hervorgehenden Produkte (seiner Keimkugeln und der aus ihnen entstehenden Embryonen), sowie der Zeit ihrer Befruchtung und Entwicklung, abweichender Ansicht.

Als *Bütschli* sich im Jahre 1872 diesen Fragen zuwandte, war er sich bewußt, daß zur richtigen Beurteilung der Vorgänge bei der Konjugation vor allem eine genaue Einsicht in die Bauverhältnisse der beiden wichtigsten Organe: des Nucleus und Nucleolus unbedingt nötig sei. — Ein Vergleich der Veränderungen der Nucleoli (Micronuclei) während der Konjugation mit ihrer bei der Querteilung der Infusorien beobachteten Struktur ergab als wichtiges Resultat dieser ersten Studie, eine nahezu vollständige

Übereinstimmung dieser beiden Vorgänge und als Schlußfolgerung, daß die Auffassung der Nucleoli als Samenkapseln und somit auch die Beurteilung der Konjugation als einer geschlechtlichen Fortpflanzung (im Sinne der Metazoen) zum mindesten *sehr unsicher* sei.

Im Jahre 1874 in ganz anderer Absicht angestellte Untersuchungen über „Entwicklungsvorgänge am befruchteten Ei der Nematoden und Schnecken" erbrachten ganz unerwartet eine sehr interessante Erweiterung der obigen, die Nucleoli betreffenden Resultate, nämlich das Vorhandensein eines ihnen so auffallend ähnlichen spindelförmigen Körpers im befruchteten Ei eines Nematoden (Cucullanus), daß *Bütschli* hieraus die wichtigen Schlüsse ziehen konnte: 1., daß diese Körper den Nucleoli der Infusorien homologe Bildungen sind, und 2., daß hierdurch die Ansicht von der Entstehung von Spermatozoen in ihnen als entschieden irrig erwiesen ist, da an die Entwicklung solcher im Ei wohl niemand denken könne. — Es ergab sich aber nun die weitere Frage nach der Beurteilung dieser spindelförmigen Körper. — Daß sie irgendwelchen Kernbestandteilen des Eis entsprächen, lag nahe. Es galt nun, die Kernverhältnisse des Eies, die ersten Furchungsteilungen sowie die Kernteilungen anderer tierischer Zellen genauer zu studieren. Ausgedehnte Untersuchungen in dieser Richtung förderten nicht nur über den Verlauf der Kernteilung völlig neue, grundlegende Ergebnisse zutage (auf die hier nicht näher eingegangen werden kann)[1]), sondern gaben auch eine unzweideutige Antwort auf die oben gestellte Frage. Sowohl in den daraufhin untersuchten Kernen des Eies als auch der somatischen Zellen fand sich der im Ei des Cucullanus gefundene spindelförmige Körper wieder und erwies sich als ein für die Kernteilung charakteristischer Zustand (Spindel- oder Asterstadium). Dadurch aber waren auch die vermeintlichen Samenkapseln der Infusorien als echte Zellkerne erkannt und die Balbiani-Steinsche Lehre *endgültig widerlegt*.

Ferner aber war hiermit ein entscheidender Schritt in der Erkenntnis der morphologischen Bedeutung der Infusorien getan. Es fehlte jetzt nur noch die richtige Beurteilung des als Ovar angesprochenen Nucleus, und es galt nun vor allem sein Schicksal während der Konjugation durch planmäßige Verfolgung der Vorgänge, namentlich nach Trennung der Tiere, genauer ins Auge zu fassen, zu welcher Zeit seine Weiterentwicklung vor sich gehen sollte.

Sorgfältige Untersuchungen von einzeln gezüchteten Tieren genau bekannten Alters führten zu der völlig sicheren Feststellung, daß der Nucleus zu dieser Zeit allmählich verschwindet, während der Nucleolus sich wiederholt teilt, und daß aus seinen Teilprodukten einerseits neue Nucleoli (Micronuclei), andererseits durch Heranwachsen neue Nuclei (Macronuclei) hervorgehen, wodurch der eindeutige Nachweis erbracht war, daß der Macronucleus, ebenso wie der Micronucleus, echte Zellkerne sind. Damit aber war gleichzeitig die Einzelligkeit der Infusorien restlos erwiesen. — Die letzte Stütze der Balbiani-Steinschen Fortpflanzungslehre fiel durch die Beobachtung, daß die als Keimkugeln (*Stein*) und Eier (*Balbiani*) angesprochenen Körper Resten des zugrunde gehenden und z. T. wohl auch dem neuentstehenden Macronucleus entsprechen; für die Embryonen (*Stein*) erbrachte *Bütschli*, durch fortgesetzte Beobachtung des lebenden Objektes, mit völliger Sicherheit den schon von *Balbiani* geführten Nachweis, daß sie parasitische Acineten sind, welche in den Infusorienkörper eindringen, sich hier vermehren und wieder ausschwärmen.

Dies ist in möglichster Kürze die Quintessenz der von *Bütschli* gewonnenen Resultate über die morphologische Auffassung der Infusorien und den Konjugationsvorgang, welche das ganze Problem auf eine neue, sichere Grundlage stellten und der weiteren Forschung die Wege ebneten.

Maupas, der eigentliche Nachfolger *Bütschlis* in der Klarstellung der Konjugationsvorgänge, dem in den Jahren 1886—89 die völlige Lösung dieses schwierigen Problems gelang, sagt in seinem 1889 erschienenen Werke: „Le rajeunissement karyogamique chez les Ciliés:" über die Arbeit *Bütschlis:* „Elle constitue un immense progrès sur les travaux antérieurs et place l'étude de la fécondation des Ciliés sur un terrain solide, dégagé de toutes les fausses hypothèses et interprétations arbitraires qui l'avaient encombré jusqu' ici."

Nach Abschluß dieser Arbeit wandte sich *Bütschli* noch vielfach protozoologischen Studien zu und förderte, sowohl die Erkenntnis ihrer Organisation, als auch die der Fortpflanzungserscheinungen in fast allen Protozoengruppen in weitgehender Weise. Mit einem Teil dieser Untersuchungen verband *Bütschli* den Zweck, sich für die Bearbeitung der Gesamtgruppe in „Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreichs" über das ganze Gebiet der Protozoen aus eigener Anschauung gründlich zu orientieren.

Im Jahre 1880 begann die Veröffentlichung dieses dreibändigen Werkes; 1889 wurde es vollendet. Kaum scheint es nötig, viele Worte über ein Werk zu verlieren, welches einen Markstein

[1]) Es sei jedoch gestattet, eine Stelle aus dem Briefe *E. v. Beneden*s hier anzufügen, welchen dieser der Übersendung seiner großen Arbeit von 1883 an *Bütschli* beifügte:

„Je viens de recevoir mes tirés apart de mes „Recherches sur la maturation de l'oeuf, la fécondation et la division cellulaire" chez l'Ascaris du cheval. C'est à vous que j'adresse le premier exemplaire et en le faisant je crois remplir le même devoir réparateur, que j'ai cherché à vous rendre dans le texte de mon livre. On a beaucoup travaillé depuis dix ans sur la fécondation et la division des cellules, mais dans mon opinion c'est à *Anton Schneider* et *à vous que revient avant tout le mérite des premières découvertes. C'est vous, qui avez ouvert la voie.*"

in der Geschichte der Protozoologie darstellt und als solcher allseitig anerkannt wird.

Nur einem Manne von der Gründlichkeit, der Unparteilichkeit, dem wissenschaftlichen Takte und der Genialität *Bütschlis* war es möglich, dieses in gewissem Sinne einzigartige Werk zu schaffen.

Sein besonderer Wert besteht darin, daß es *Bütschli* gelungen ist, die große Fülle der in über zwei Jahrhunderten gewonnenen, oft weit zerstreuten Resultate auf dem Gebiet der Protozoenkunde, ja selbst die kleinsten und für sich allein kaum verwertbaren Teilergebnisse durch liebevolles Versenken in die Gedankengänge, kritische Sichtung, fast auf jeder Seite bemerkbare Ergänzung des Vorhandenen durch eigene Forschung und geistvolle Schlußfolgerungen zu einem Gesamtbild zu vereinigen und so der Wissenschaft nutzbar zu machen. Ja, noch weitergehend, faßt *Bütschli* nicht nur die schon vorhandenen und von ihm in großer Zahl neu hinzugefügten Ergebnisse zusammen, sondern er wirft auch neue, zum Teil grundlegende Probleme und Fragestellungen auf und weist so der Wissenschaft die Wege zu weiterem Fortschritt. Für alle seitdem erschienenen größeren Protozoenwerke wurde es zur Grundlage, auf der weitergebaut werden konnte.

So kann *Bütschli* wohl mit Recht als der Vater der neueren Protozoenforschung bezeichnet werden und in gewissem Sinne als der Lehrer all der zahlreichen Forscher, welche sich in den letzten vier Jahrzehnten auf diesem Gebiete betätigt haben. *Schaudinn* z. B. nennt ihn in einem Briefe „den hervorragendsten seiner Lehrer" und *Calkins* schreibt bei Übersendung seines Buches „The Protozoa": „I want to thank you personally for the invaluable assistance which your own magnificent work was to me, in preparing mine."

Am meisten aber verdanken ihm die zahlreichen Schüler aus allen Teilen der Erde, welche nicht nur in seinen Werken Belehrung und Anregung zu eigenen Arbeiten gefunden haben, sondern welchen das unschätzbare Glück vergönnt war, in seinem Laboratorium in Heidelberg, auf seine Anregung hin, unter seiner regen Förderung, ja oft weitgehenden tätigen Anteilnahme arbeiten zu dürfen.

Jedoch nicht nur die reiche wissenschaftliche Förderung sichern *Bütschli* die dankbare Verehrung seiner Schüler bis über das Grab hinaus; der ganze unvergeßliche Eindruck seiner überragenden und dabei doch so schlichten Persönlichkeit wird in der Erinnerung aller derer fortleben, die ihm persönlich nahetreten durften.

Wichtige Literatur.

Balbiani, G. Recherches sur les phénomènes sexuelles des Infusoires. Journ. d. l. Physiologie. T. IV, 1861.

Claparède, E. u. *Lachmann, J.* Etudes sur les Infusoires et les Rhizopodes. Mém. de l'Institut Genevoise. T. 5—7. 1858—61.

Maupas, E. Le rajeunissement karyogamique chez les Ciliés. Arch. de Zool. expér. et générale, S. II., Bd. *VII*, 1889.

Stein, F. Die Infusionstiere, auf ihre Entwicklungsgeschichte untersucht. Leipzig. W. Engelmann. 1854.

Stein, F. Der Organismus der Infusionstiere. 1. Abt. Leipzig. W. Engelmann. 1859.

Die oben erwähnten Arbeiten *Bütschlis* s. Bibliographie: 1871[1], 1873[3], 1875[2], 1875[5], 1876[4], 1880—89.

Über Bütschlis Erklärung der karyokinetischen Figur.

Von Josef Spek, Heidelberg.

Die Astrosphären und die Spindel der mitotischen Zelle sind so auffällige Bildungen des lebenden Plasmas, daß man es versteht, daß so viele Forscher sich kausalanalytisch mit dem Problem ihrer Entstehung beschäftigt haben. Viele dieser Theorien der Astrosphärenbildung können wir heute als definitiv widerlegt bezeichnen, diejenige Theorie aber, welche heute auf Grund neuer Untersuchungen als die einzig mögliche gelten kann, ist im wesentlichen schon in den Gedanken enthalten, die *Otto Bütschli* noch vor fast 30 Jahren über diesen Gegenstand ausgesprochen hat. Dies, und weiterhin die Art und Weise, wie *Bütschli* seine Hypothese durch physikalische Beobachtungen stützte, verdient besonders gewürdigt zu werden, denn es charakterisiert beides *Bütschli* vortrefflich als den Strukturforscher einerseits und den Entwicklungsmechaniker andererseits. — Heute wissen wir es, daß die Astrosphären radiär ausstrahlende lokale Verdichtungen der Plasmakolloide sind, die man aus großen lebenden Zellen unter Umständen direkt als festere Klümpchen herauspräparieren kann. *Bütschli* kam 1892 zu dem Resultat, daß das Centrosom Wasser aus dem umgebenden Plasma absorbiere und chemisch binde, so daß sein Volumen weniger zunehme, als das Volumen der dem Plasma entzogenen Flüssigkeit beträgt. Das Centrosom soll also der Mittelpunkt einer sich verdichtenden, sich zusammenziehenden, verkleinernden Plasmapartie werden. Wie die Verdichtung des Plasmas im einzelnen entsteht, wissen wir auch heute nicht, die Rolle der Centrosomen bleibt problematisch. Daß wir aber auch schon, wenn wir allein die Verdichtung und die damit verbundene Volumenkontraktion des Plasmas[1]) als Faktum ansehen, zu wichtigen Folgerungen kommen müssen, konnte *Bütschli* in der elegantesten Weise zeigen. Der sich verkleinernde Verdich-

[1]) Wie später gezeigt werden konnte, muß eine solche lokale Verdichtung der Kolloide auch ohne eine Bindung des Wassers durch das Centrosom zu einer nicht nur relativen, sondern absoluten Volumkontraktion der Kolloide führen.

tungshof muß auf das umgebende Plasma einen Zug ausüben; sind nun die Teilchen des Plasmas nicht ungehindert verschiebbar, d. h., können sie sich unter der Zugwirkung nicht sofort wieder so umordnen, wie das bei den Teilchen einer homogenen dünnflüssigen Masse der Fall wäre, so entsteht um die Verdichtungszone eine Strahlenfigur. Am leichtesten und klarsten läßt sich die Entstehung solcher Zugstrahlen theoretisch für ein schaumig-wabiges Substrat klarmachen, ja, man kann sagen, daß gerade diese Erklärung der Strahlenbildung später durch *Rhumbler* zu einem der hübschesten Kapitel der Wabenlehre wurde. — Die Grundlage der theoretischen Ableitungen bildeten für *Bütschli* rein physikalische Beobachtungen an toten kolloiden Medien: auch in dicker, erstarrender Gelatine konnte er künstlich um sich verkleinernde Zentren (z. B. sich zusammenziehende Luftbläschen) die schönsten Strahlungen und zwischen zwei nahe beieinanderliegenden Zentren vollständige „karyokinetische Figuren" entstehen lassen, deren Ähnlichkeit mit den Zellgebilden in allen Einzelheiten ganz verblüffend wirkt — und das alles einfach durch die physikalischen Faktoren, welche wir oben theoretisch erörterten. Weil sich nun aber gerade diese Faktoren auch alle auf die Verhältnisse in der lebenden Zelle übertragen lassen, müssen uns *Bütschlis* künstliche Astrosphären als eines der ersten Musterbeispiele eines „physikalischen Modells" einer Lebenserscheinung erscheinen, eines Modelles, das *selbsttätig* durch rein physikalische Kräfte den lebenden Zellgebilden Analoges entstehen läßt. Solche Modelle sehen wir heute als die wichtigsten Bausteine der jungen Wissenschaft der „synthetischen Biologie" an.

Otto Bütschli als Kolloidchemiker.

Von H. Freundlich, Berlin-Dahlem.

Es konnte einem aufmerksamen Beobachter der Lebensvorgänge nicht entgehen, daß bei diesen Gallerten, amorphe Flocken, trübe, zähe, schäumende Flüssigkeiten, kurzum Gebilde, wie sie in der Kolloidchemie erforscht werden, eine bedeutsame Rolle spielen, eine weit größere, als etwa gut gewachsene Kristalle oder klare, leichtflüssige, nicht schäumende Lösungen. Man mag in diesem Zusammenhang an eine Stelle in „Wahrheit und Dichtung" denken: Bei seinen alchimistischen Versuchen bereitete *Goethe* aus den Mainkieseln Wasserglaslösungen und „die schönste mineralische Flüssigkeit, die mir einige Male zu meiner größeren Verwunderung in Form einer animalischen Gallerte erschienen war, ließ doch immer ein Pulver fallen, das ich für den feinsten Kieselstaub ansprechen mußte, der aber keineswegs irgend etwas Produktives in seiner Natur spüren ließ, woran man hätte hoffen können, die jungfräuliche Erde in den Mutterzustand übergehen zu sehen." Als dann *Graham* den Begriff der Kolloide formte, war er sich durchaus darüber klar, wie wichtig sie für die Erklärung der Lebensvorgänge sein würden, ja die Überzeugung, daß die „kolloiden Stoffe" bevorzugt in der Organismenwelt enthalten sind, verleitete ihn vielleicht mit dazu, so schroff von zwei Stoffgruppen zu sprechen, die „wie verschiedene Welten der Materie erscheinen" — eine Unterscheidung, die sich bekanntlich nicht bewährt hat.

Otto Bütschli war wohl der erste Forscher, dem das Aussprechen einer solchen oberflächlichen Ähnlichkeit nicht genügte. Mit aller Klarheit sah er ein, daß das, was sich physikalisch-chemisch an den Lebensvorgängen erklären läßt, auch in dieser Weise aufgeklärt werden muß, ehe die Frage nach nicht physikalisch-chemischen Einflüssen berechtigt ist. Ihm, dem mineralogisch Geschulten, fiel — wie es nur verständlich ist — die kolloide Beschaffenheit des Protoplasmas, der Membrane, überhaupt fast all der Elemente, die einen Organismus zusammensetzen, besonders auf; ihre Wichtigkeit für die Lebensvorgänge war für ihn so überzeugend, daß er die Arbeit einer langen Reihe seiner besten Mannesjahre ihrer Erforschung widmete. Er stieß von dem Standpunkt aus, von dem er als Biologe in die Kolloidchemie eindrang, sozusagen auf die unangreifbarste, am stärksten verschanzte Flanke der zu erobernden Festung: Denn die Systeme, mit denen er sich notwendig am eingehendsten befassen mußte, die Gele überhaupt, als Membrane, als Fasern, als Sphärokristalle, gehören heute noch zu den Gebilden, deren Eigenschaften und Verhalten vielfach nur ganz unvollkommen erklärt werden können trotz der ausgedehnten kolloidchemischen Arbeit der letzten beiden Jahrzehnte. Es ist deshalb nicht erstaunlich, daß es ihm nicht immer gelang, die endgültige Lösung der von ihm aufgeworfenen Fragen zu finden.

Die Mehrzahl von *Bütschlis* kolloidchemischen Arbeiten befaßt sich mit dem Bau der Gallerten oder Gele, und zwar bemühte er sich, unmittelbar durch mikroskopische Untersuchungen in ihr Wesen einzudringen. Er war sich dabei durchaus bewußt, daß die mikroskopischen Beobachtungen nicht leicht zu deuten sind, wenn die Strukturen, mit denen man es zu tun hat, von der Größenordnung der Wellenlänge des sichtbaren Lichtes nicht weit entfernt sind, und er suchte dieser Unsicherheit in verschiedener Weise zu begegnen: Er überzeugte sich einmal von dem Aussehen und Verhalten der mikroskopischen Bilder möglichst kleiner Tröpfchen und Luftbläschen. Dann änderte er die Bedingungen seiner Versuche in jeder denkbaren Richtung ab und dehnte sie über eine mög-

lichst große Zahl von Gelen verschiedener Art aus.

Zwei Gedanken sind es, auf die ihn seine Beobachtungen immer wieder von neuem führten, und die er unermüdlich weiter verfolgte; einmal, daß die Gele zweiphasige Gebilde sind und dann, daß sie einen schaumig-wabigen Bau haben, also aus kleinen Flüssigkeitströpfchen bestehen, die von feinen amorph-festen Wänden umhüllt sind. An der Zweiphasigkeit der Gele werden heute nur noch wenige zweifeln, mag man auch formal manche Vorgänge bei der Quellung vom Standpunkte der festen Lösungen, also eines einphasigen Gebildes, aus erfolgreich darstellen können. Weniger wahrscheinlich ist es, daß der schaumig-wabige Bau so allgemein zutrifft, wie es *Bütschli* glaubte. Er hielt ihn keineswegs für den allein möglichen oder notwendigen, sondern erörterte daneben auch eine „globulitisch-wabige" Struktur, d. h. eine Struktur, bei der zunächst gesonderte Globulite vorhanden sind; diese können zu Schichten zusammentreten, in denen sie, anfangs getrennt, erst im Laufe der Zeit verschmelzen. Aber er neigt doch der Meinung zu, daß überwiegend, auch z. B. bei den Gelen der Kieselsäure, der Gelatine u. a., eine schaumig-wabige Struktur vorhanden ist, also zusammenhängende amorph-feste Schichten, die die flüssigen Tröpfchen umkleiden; anders ausgedrückt: Er betrachtet den amorph-festen Stoff als Dispersionsmittel, die Flüssigkeit als disperse Phase, während bei der globulitisch-wabigen Struktur zunächst die Flüssigkeit Dispersionsmittel, die amorph-festen Teilchen die disperse Phase sind.

Nun hatte *Bütschli* diesen Bau bei den genannten Gelen nicht unmittelbar an den erstarrten Gelen beobachtet, sondern nur unter besonderen Versuchsbedingungen; bei den Gelatinegelen z. B., wenn sie vorsichtig mit Chromsäure gegerbt waren, bei den Kieselsäuregelen vorübergehend im Gebiet des sogenannten Umschlagens, d. h. während das Gel beim Eintrocknen sich mit Luftblasen füllte, oder die Luft beim Tränken mit Flüssigkeit entwich. Er glaubte aber schließen zu dürfen, daß durch die besonderen Versuchsbedingungen der schaumig-wabige Bau nur besser sichtbar gemacht würde. Neuere Untersuchungen von *Zsigmondy* und *Bachmann* lassen es fraglich erscheinen, ob dieser Schluß berechtigt ist. Sie fanden ultramikroskopisch eine feinere Körnung, als sie *Bütschli* mikroskopisch beobachtet hatte, und zwar benutzten sie Gele, die sie nicht weiter vorbehandelt hatten, sondern die einfach aus den Solen erstarrt waren. Diese feinere Körnung war nicht schaumig-wabig, sondern man hatte ultramikroskopisch feine Globulite, die durch ultramikroskopisch feine Flüssigkeitshäute getrennt waren. Die Flüssigkeit war also Dispersionsmittel, der feste Stoff disperse Phase. Es ist demnach die *Nägeli*sche Micellartheorie, die für diese Gele bestätigt wird. Die von *Bütschli* gefundene mikroskopische Körnung ist dann anders zu erklären: Bei den Gelatinegelen handelt es sich um gröbere, durch die Gerbung erzeugte Gebilde, wohl von globulitisch-wabiger Struktur; bei den Kieselsäuregelen sieht man wahrscheinlich den Schaum feinster Gasbläschen, die in dem noch zum Teil mit Flüssigkeit erfüllten Gelraum verteilt sind.

Kann man danach aus *Bütschlis* Beobachtungen auch nicht auf den Bau der Gele ohne weiteres schließen, so läßt sich doch eine Fülle anderer Folgerungen ziehen, und sie werden um so fruchtbringender sein, je mehr man sich mit der feineren Struktur der Gele befaßt, ein Gebiet, dessen Erforschung man nur erst begonnen hat. So sind die kleinsten Teilchen eines Gels, die Micellen, sicher nicht unabhängig voneinander, sondern in bestimmter Weise geordnet und zum Teil verschmolzen. Dies äußert sich z. B. darin, daß Gasblasen, die man in einem Gelatinegel erzeugt hat, nicht immer kugelförmig sind, sondern sehr oft linsenförmig. Mit dem Spannungszustand, der sich hierin äußert, hängen wohl auch die von *Bütschli* beschriebenen Strukturveränderungen in der gegerbten Gelatine zusammen, die auftreten, wenn eingelagerte Luftblasen ihre Größe verändern, und die er wegen ihrer Ähnlichkeit mit bei der Karyokinese auftretenden Formen eingehend verfolgt hat. Nicht minder die von ihm untersuchten merkwürdigen, regelmäßigen Sprungsysteme, wie sie in Harzschichten entstehen, die eine quellende Gelatineschicht überziehen. Seiner Aufmerksamkeit ist es ferner nicht entgangen, daß in einem Gel durch einseitigen Zug die Körnung in regelmäßiger Weise verschoben wird. Wie sich neuerdings herausgestellt hat, kommt es dabei sehr auf die Gestalt der Micellen an; sind sie z. B. langgestreckt, so lagern sie sich mit ihrer Längsachse in die Zugrichtung, und es ist wahrscheinlich, daß die Eigenschaften der natürlichen wie künstlichen Fasern stark durch diese Umstände mitbedingt werden.

Schließlich ist nicht zu vergessen, daß viele der von *Bütschli* untersuchten verwickelteren Gebilde, die sicher einen schaumig-wabigen Bau haben, wie z. B. die Emulsionen feinster Öltröpfchen in einer Gelatinegallerte, wahrscheinlich den natürlich vorkommenden Gebilden weit mehr ähneln, als es verhältnismäßig so einfache Gebilde tun, wie es die Gele der Gelatine oder der Kieselsäure sind. Für die weitere Aufklärung der Lebenserscheinungen hat es gewiß etwas Mißliches, wenn man immer wieder betont, wie verwickelt sie sind, zumal da oft die Forscher recht zu behalten scheinen, die die Einfachheit der Natur hervorheben. Die Wahrheit liegt wohl in der Mitte: Einfach erscheinen die in der Natur, insbesondere auch bei den Lebenserscheinungen stattfindenden Vorgänge, wenn es gelingt, irgend zwei Einflüsse in ihrem gesetzmäßigen Zusammenhang möglichst frei von weiteren Umständen herauszuschälen. Sie sind aber gewiß nicht in

dem Sinne einfach, daß nur eine kleine Zahl von Stoffen oder Phasen beteiligt ist. Hier kann man vermutlich die Mannigfaltigkeit gar nicht groß genug einsetzen, und Protoplasma, Membrane und dergl. sind nicht einfach zweiphasige Gebilde, wie sie die Kolloidchemie bisher wesentlich erforscht hat, sondern enthalten eine viel größere Zahl von Phasen, die beim Protoplasma wohl schaumartig angeordnet sind.

Noch eine kolloidchemische Untersuchung *Bütschlis* sei besonders hervorgehoben. Er wies darauf hin, daß, wenn sich eine etwa quellbare Lamelle auf der einen Fläche anders ausdehnt als auf der anderen, Einstülpungen und Faltungen statthaben können, die auffallend den Formen gleichen, wie sie z. B. eine lebende Zellplatte bei der Gastrula-Invagination erfährt. *Spek* hat von diesem Gedanken aus Lamellen hergestellt, deren eine Seite aus Agar, deren andere aus einem aus Gelatine + Agar bereiteten Gel bestand, und hat gezeigt, wie man auf Grund der Quellungsverschiedenheit der beiden Seiten Modelle formen kann, deren Faltungen selbst Einzelheiten des genannten biologischen Vorganges darzustellen erlauben. Nicht nur derartige Modelle wird man in Zukunft in immer weiterem Umfang zu gestalten lernen; man wird so wohl auch dazu gelangen, die Quellungsmotoren und Kapillarelektromotoren zu bauen, die man bisher im Laboratorium und in der Praxis kaum kennt, während sie die Natur vor allen anderen verwendet.

Die Kolloidchemie darf hoffen, mehr und mehr als eine der Grundlagen anerkannt zu werden, auf der sich die Lehre von den Lebensvorgängen aufbaut, und *Bütschli* wird stets als einer der ersten genannt werden, der für diese Auffassung mit seinen Worten und seiner Arbeit bahnbrechend und erfolgreich eingetreten ist.

Otto Bütschlis Verhältnis zur Kristallographie und Mineralogie.

Von V. Goldschmidt, Heidelberg.

Es ist immer von Wert, wenn ein Forscher sich nicht auf sein engstes Gebiet beschränkt, sondern auch in anderen Gebieten des Wissens sich auskennt. *Leibnitz* war Jurist, Philosoph und Mathematiker, *Helmholtz* war Physiker, Mathematiker und Physiolog, der geistreiche Mineralog *Franz v. Kobell* war nebenbei Jäger und Volksdichter. Ein Gebiet wirkt befruchtend auf das andere. Nur die kleinen Flickschuster bleiben am besten bei ihrem Leisten.

Der Zoologe *Bütschli* war zuerst Mineralog. Eine Zeitlang war er Assistent für Mineralogie an der Technischen Hochschule in Karlsruhe. Diese eingehende Beschäftigung mit dem Anorganischen, mit der Mineralchemie und der anorganischen Mikroskopie hat vielen seiner Arbeiten Inhalt und Richtung gegeben. Bis zum Ende seines Lebens beschäftigte ihn, den Zoologen, die Struktur der Kristalle und er studierte die Beziehungen zwischen den organischen und den anorganischen Strukturen, so besonders beobachtete er die Struktur der anorganischen Gebilde im Tierkörper, die Schalen der Mollusken, Krebse und Echiniden, die Gerüste der Rhizopoden und Foraminiferen, die Kalk- und Kieselnadeln der Schwämme. Die Mineralchemie führte zu seinen Untersuchungen über organische Kalkgebilde nebst Bemerkungen über organische Kieselgebilde. Sie brachten auch eine reizende kleine Arbeit von *Bütschli „Über die Löslichkeit des Schwefels in Wasser und Glycerin"*[1]. Dieselbe dürfte den meisten Zoologen unbekannt geblieben sein, auch bei den Kristallographen hat sie wenig Beachtung gefunden. Es scheint daher gut, einen Auszug aus derselben hier wiederzugeben und die Resultate zu diskutieren. Ich selbst habe mich vorher mit ähnlichen Versuchen beschäftigt, es waren meine Versuche *Bütschli* bekannt. Ja ich verdanke seiner mikrophotographischen Aufnahme die Bilder in meiner diesbezüglichen Publikation (1897)[2]. Die bei *Bütschlis* Versuchen gebildeten Schwefelkriställchen hat *W. Salomon* untersucht und in ihnen die sog. 3. Modifikation des Schwefels nachgewiesen.

Kristallisation aus der Unterschmelze. Andere nennen das Überschmelze. Es ist ein Flüssigbleiben unter dem Schmelzpunkt. Zunächst möge aus meiner Publikation[2] ein Passus wiedergegeben werden. Die dort beobachtete Substanz heißt *Furfuraldoxim.* Wir lesen (S. 170):

„*Verhalten bei der Entschmelzung.* Die Substanz schmilzt leicht zu farblosen Tropfen. Bei Abkühlung auf Zimmertemperatur erstarrt sie nicht von selbst, wohl aber in Berührung mit einer Nadel oder mit einem Kristall der eigenen Substanz.

Wir schmelzen auf einem Objektträger eine Anzahl Kriställchen ein, die nebeneinander getrennte Tröpfchen bilden, lassen sie abkühlen, bringen sie unter das Mikroskop, mit schwacher, etwa 60facher Vergrößerung und wählen zwei Tropfen (*F* und *K*) aus, die zufällig an einer Stelle nahe aneinanderliegen. Von diesen entschmelzen wir den einen (*K*) durch Berühren mit einem Kristall seiner Substanz, von dem *F* entgegengesetzten Ende aus. Es schießen von der Berührungsstelle aus Kristallnadeln fächerförmig an und wachsen rasch weiter bis zur Grenze des Tropfens.

Beobachtet man nun beide Tropfen, den flüssigen (*F*) und den auskristallisierten (*K*) in der Gegend ihrer Annäherung unter dem Mikroskop, so zeigt sich folgendes: Zuerst hat *K* das Aussehen Fig. 1.

[1]) Zeitschr. Krist. 1899, *31*, 277—279.

[2]) Über einen interessanten Fall der kristallinen Entschmelzung. Zeitschr. Krist. 1897, *28*, 169—173 u. Taf. 3, Fig. 3—7.

Dann fangen die Kristallnadeln von *K* gegenüber von *F* an, sich zu verstärken. Es setzen sich in einem gewissen Umkreis um *F* am Rande von *K* gegen das Glas, aber auch auf der Wölbung von *K* scharf begrenzte Kriställchen ab (Fig. 1). Sie wachsen *F* entgegen, und zwar um so rascher, je näher sie *F* kommen.

An der *F* nächsten Stelle wachsen einige Kriställchen der Umgebung voraus und einer gewinnt den

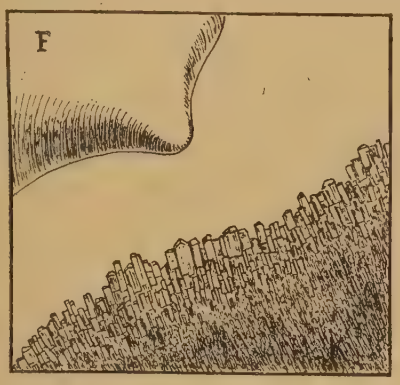


Fig. 1.

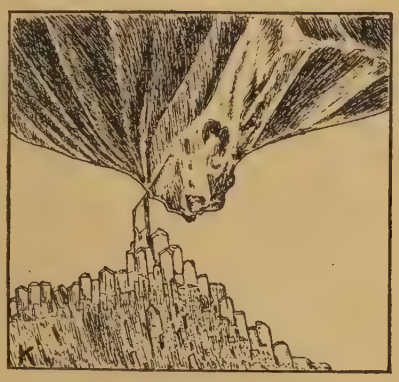


Fig. 2.

Vorsprung vor den anderen. Er nähert sich dem flüssigen Tropfen auf dem kürzesten Weg. Sobald diesen seine Spitze berührt (Fig. 2), tritt vom Berührungspunkt aus Kristallisation ein und verwandelt den Tropfen, rasch fortschreitend, in ein System langer, fächerförmig geordneter Nadeln. Mit diesem Moment hört das Weiterwachsen der Kriställchen von *K* auf; vielmehr nehmen nun *F* und *K* durch Verdunsten ab. Die Kriställchen beider werden beim längeren Liegen an der Luft unscharf und schwinden. Der Vorgang vom Entschmelzen des Tropfens *K* bis zu dem von *F* vollzieht sich rasch. Er dauert, bei passender Größe und Distanz der Tropfen, etwa 10—15 Minuten, so daß man ihn bequem in seinem ganzen Verlauf beobachten kann. Es ist ein recht lebendiges Schauspiel, wie die Entschmelzung in *K* vor sich geht, wie dann der Tropfen *F* sich gegenüber auf *K* Kriställchen ausbildet und eines derselben zu seiner eigenen Anbohrung und Entschmelzung heranzieht. Der Prozeß wird begünstigt durch Überdecken des Tropfens mit einem kleinen, flachen Uhrgläschen, wodurch die Dämpfe besser zusammengehalten werden.

Die *Erklärung* dürfte folgende sein. Die Substanz verdunstet an der Luft, sowohl im flüssigen, wie im festen Zustand. *F* und *K* sind von Dampfhüllen umgeben, deren Dichte nach außen abnimmt. Beide tauchen gegenseitig in die Dampfhülle hinein. Der Dampf von *F* ist dichter als der von *K*. Das stimmt mit dem Satz der physikalischen Chemie, daß unterhalb des Schmelzpunktes der Dampfdruck jeder Substanz bei gleicher Temperatur für den flüssigen Zustand größer ist als für den festen. In der Nähe der Tropfen ist die Hülle am dichtesten. Sie verdünnt sich nach außen durch Diffusion.

Ragen nun die Kristalle von *K* in Gebiete des Dunstkreises von *F*, in denen der Dampfdruck größer ist als dem festen Zustand entspricht, so befinden sie sich in einer übersättigten Atmosphäre. Infolgedessen setzen sich auf ihnen Partikel ab, kristallinisch orientiert durch die Berührung mit dem Kristall, auf dem der Absatz stattfindet. Sie bauen die neuen Kriställchen. Gerade so setzen sich Eisblumen auf den Fensterscheiben des für die Berührungsstelle mit Wasserdampf übersättigten Zimmers ab. Indem *K* der Atmosphäre von *F* Partikel entzieht, wird diese verdünnt. *F* steht infolgedessen unter vermindertem Dampfdruck und stellt das Gleichgewicht her durch Aussendung neuer Partikel, d. h. durch Verdunstung. Durch Absaugen auf der einen Seite und Aussenden auf der anderen findet ein kontinuierliches Überströmen von *F* nach *K* statt."

Daneben wollen wir den Versuch von *Bütschli* stellen, zunächst wie ihn *W. Salomon* beschreibt. Wir lesen (1898)[3]:

„Man bringt kleine Mengen von Schwefel auf ein Uhrglas, deckt ein Deckgläschen so darüber, daß es den Schwefel nicht berührt, und erhitzt nun über ganz schwacher Flamme, bis der Schwefel anfängt zu verdampfen. Die Dämpfe schlagen sich an dem kalten Deckgläschen in Gestalt zahlloser winziger Tröpfchen nieder und man muß nun sofort das Deckgläschen entfernen, damit die Tröpfchen nicht ineinander verfließen. Befestigt man dann das Deckgläschen mit Wachs, etwas erhöht, auf einem Objektträger, und zwar, um es gegen Staub zu schützen, mit der Schwefelschicht nach unten und untersucht die Schwefeltröpfchen mikroskopisch, so beobachtet man fast niemals, trotz der mittlerweile erfolgten Abkühlung starre Schwefelkriställchen, sondern die einzelnen Tropfen erhalten sich stunden-, ja zum Teil tage-, wochen- und gar nicht selten monatelang flüssig; wohl das schönste und am leichtesten zu demonstrierende Beispiel von Überschmelzung, die auch durch Erschütterung des Präparats keineswegs beeinträchtigt wird. Untersucht man nun aber ein solches Präparat von neuem einige Tage nach seiner Herstellung, so wird man fast stets an einzelnen Stellen teils isolierte Täfelchen, teils Gruppen von solchen Täfelchen finden, die, an das Deckgläschen angeheftet, frei in den Raum hineingewachsen sind."

Im Anschluß hieran schreibt *Bütschli*[3] (1899):

„In letzter Zeit legte ich mir die Frage vor, wie sich die an die Unterseite eines Deckgläschens sublimierten, überschmolzenen Schwefeltröpfchen wohl verhalten dürften, wenn sie nicht in Luft, sondern in Wasser oder in einer anderen Flüssigkeit aufgestellt werden, in welcher der Schwefel nach der gewöhnlichen Auffassung nicht löslich ist. Ich fertigte daher einige Präparate an, die teils in Wasser, teils in Glycerin

[3]) Zeitschr. Krist. 1898, *30*, 605—608; 1899, *31*, 276—277.

aufgestellt und dann sehr sorgfältig am Rande des Deckglases mit einem Paraffinverschluß umgeben wurden, was zwar bei den Glycerinpräparaten auch unterbleiben kann. Die Verfolgung dieser Präparate lehrte, daß die Vermutung, von welcher ich ausging, ganz gerechtfertigt war, d. h. die Präparate verhielten sich im wesentlichen ganz so wie die in Luft aufgestellten.

Da jedoch die Vorgänge langsamer verlaufen als bei den letzteren, so sind die entstehenden kristallinen Gebilde viel schöner als in den Luftpräparaten. Schon sofort nach der Anfertigung der Präparate findet man vereinzelte Tröpfchen kristallinisch erstarrt, was sich an ihrem Aussehen und an ihrer kräftigen Polarisation leicht erkennen läßt. Diese erstarrten Tröpfchen beginnen denn auch sofort, wenn schon ziemlich langsam, auf der Oberfläche kristallinisch auszuwachsen, indem sich Kristallspitzen oder anscheinende Kristallnadeln über der Oberfläche erheben. Letztere sind jedoch, wie die genauere Beobachtung ergibt, wenigstens in den allermeisten Fällen, von der Kante gesehene dünnste Kristallblättchen, wie sie *Salomon* in der Zeitschrift für Kristallographie Band *30*, Seite 605—608 genauer beschrieben hat. In der Anordnung dieser Kristallspitzen oder -plättchen auf der Oberfläche der erstarrten Tröpfchen zeigt sich gewöhnlich eine Besonderheit, indem sie im allgemeinen so angeordnet sind, daß ihre Verlängerung sich in einem in der Oberfläche des erstarrten Tröpfchens liegenden Punkte vereinigen würden. Der Grund dieser Erscheinung liegt darin, daß die erstarrten Tröpfchen feinexzentrischstrahlig gebaut sind, was wenigstens hier und da deutlich zu erkennen ist; sie sind kleine exzentrische Sphärokristalle, deren Zentrum in einem Punkte der Oberfläche liegt. Dem entspricht auch ihr polariskopisches Verhalten.

Die kristallinischen Anwüchse der Oberfläche orientieren sich nun im allgemeinen entsprechend der Strahlung des erstarrten Tröpfchens und diese geht daher in eine kleine Druse über, deren Zentrum von dem Sphärokristall gebildet wird. In der Regel wachsen jedoch einige der Kristallblättchen rascher, so daß sie schon nach 12 bis 24 Stunden auf benachbarte Tröpfchen stoßen und diese zur Erstarrung bringen, worauf der gleiche Prozeß an diesen anhebt und fortgesetzt langsam weiterschreitet. Die Folge ist, daß reizende strahlige Kristallgebilde entstehen, in welchen die erstarrten und ausgewachsenen Tröpfchen gewissermaßen in Reihen aufgespießt angeordnet sind. Die Mannigfaltigkeit und Schönheit dieser Gebilde läßt sich schwer beschreiben, sondern erfordert bildliche Darstellung.

Auf nebenstehender Figur habe ich deshalb eine solche Gruppe mit dem Zeichenapparat bei 220facher Vergrößerung skizziert.

Hofbildung läßt sich um solche Gruppe erst nach längerer Zeit nachweisen; schöner noch tritt sie um kleine Einzelkristalle auf, die sich hie und da allmählich auch einstellen."

Den obigen Beobachtungen und Betrachtungen, die sich gegenseitig ergänzen, möchte ich einige Bemerkungen zufügen.

1. Aus *Bütschlis* Bild (Fig. 3) erkennen wir, daß nur an den entschmelzten Anfangstropfen sich die neugebildeten Kriställchen *allseitig* ansetzen, an den übrigen einseitig, und zwar nur auf der der Anbohrungsstelle (Impfstelle) entgegengesetzten Seite. Diese Erscheinung bedarf einer Erklärung.

Erklärung. Der Grund dürfte ein doppelter sein:

1. An der Anbohrungsseite fehlen flüssige Nachbarn, die das Material zum Fortwachsen liefern.
2. Von der Impfstelle *A* aus haben sich die Kriställchen im Tropfen fächerförmig gebildet. Gemäß ihrer Hauptwachstumsrichtung (längs) sind die Hauptansatzstellen am Ende der Nadeln; diese aber bilden bei *A* zusammen nur einen Punkt. Am Gegenende (*D*) eine reich gegliederte Oberfläche (Köpfe).

Grund *1* erscheint als der wichtigere (primäre). Grund *2* ist sekundär. Käme der Zufluß auch von Seite *A*, so würden sich dort neue Köpfe bilden, wenn auch weniger als auf Seite *D*.

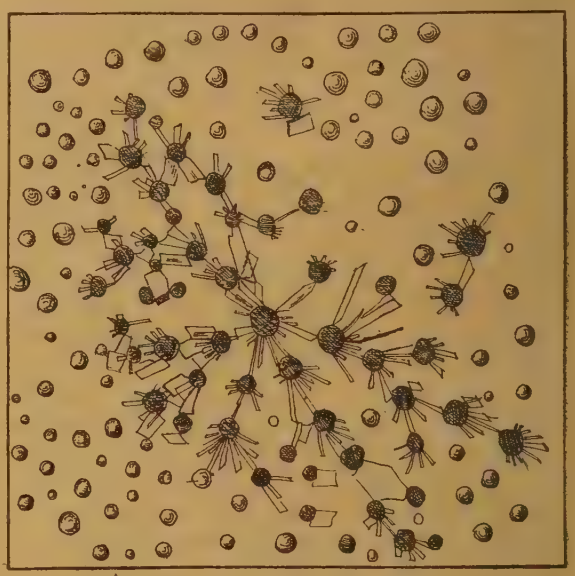


Fig. 3.

Bütschli schreibt nun weiter (S. 279):

„So interessant die Bildungen sind, und so wichtig sie vielleicht für das Verständnis der Entstehung mancher kristallinischer Bildungen werden dürften, so scheint mir das größere Interesse der Erscheinung vorerst darin zu liegen, daß sie in objektiver und klarer Weise zeigt, daß der überschmolzene Schwefel sowohl in Wasser als in Glycerin löslich ist; denn die Bildung der auswachsenden Kristallspitzen und -blätter kann nur von dem im umgebenden Medium gelösten Schwefel ausgehen."

Dieser Auffassung kann ich nicht beistimmen. Ich deute die Erscheinung vielmehr folgendermaßen:

Nach meiner Auffassung handelt es sich nicht um Lösung von Schwefel in Wasser oder Glycerin; ebensowenig wie in der Luft. Vielmehr in beiden Fällen um eine Sphäre von Schwefeldampf um jeden Tropfen, dichter um den flüssigen, dünner um den erstarrten. Daher das Hinüberströmen und das Wachsen der erstarrten

Tropfen auf Kosten der flüssigen Nachbarn, die sie ganz resorbieren und dadurch um sich einen leeren Hof bilden können.

Es geht aus dem wertvollen Versuch von *Bütschli* in Luft, Wasser und Glycerin hervor, daß der Vorgang in allen 3 Fällen gleich verläuft, nur wesentlich langsamer in der Flüssigkeit, daß auch in der Flüssigkeit jeder Tropfen seine Dampfsphäre hat, die um den flüssigen Tropfen dichter ist als um den erstarrten, daß somit hier, ebenso wie in gasförmiger Umgebung, das Gesetz der Dampfspannung gilt.

Die Erscheinung setzt voraus, daß der Schwefel in der umgebenden Flüssigkeit *unlöslich* ist. Andernfalls würde der Schwefeldampf von der Flüssigkeit absorbiert und durch Diffusion in ihr gleichmäßig verteilt. Es entfiele das einseitige Wachsen der erstarrten Tropfen in die Sphäre der flüssigen Nachbarn hinein. Entscheidend ist somit unser Grund 1 des einseitigen Wachsens.

Wir ziehen den umgekehrten Schluß wie *Bütschli:*

Aus den Erscheinungen geht hervor, daß der Schwefel in Wasser und Glycerin unlöslich ist.

Nur in *neutralen* Flüssigkeiten, d. h. solchen, die den Tropfen nicht lösen, kann der Versuch gelingen. In Schwefelkohlenstoff, der den Schwefel löst, kann er nicht gelingen. Letzteres Experiment, das vielleicht noch nicht gemacht ist, dürfte entscheidend sein.

Nehmen wir als Maß für den Dampfdruck die Menge des Dampfes in der Raumeinheit, so ist der Dampfdruck kleiner in der Flüssigkeit als in der Luft. Daher das langsamere Wachsen in der Flüssigkeit. Fassen wir dagegen den Dampfdruck als Kraft, als den Druck, den der von dem Tropfen ausströmende Dampf auf die umschließende Umgebung ausübt und der von dem Druck der Umgebung ins Gleichgewicht gesetzt wird, so daß Druck = Gegendruck ist, so gelangen wir auf eine statische Formel, mit der wir rechnen können.

Der *Gegendruck* (Druck von außen) setzt sich im ersten Fall (in Luft) zusammen aus dem *Rückdruck* des Dampfes auf den Tropfen und dem Druck der umgebenden Luft (Barometerdruck); im letzteren Fall aus dem Rückdruck des Dampfes und dem Widerstand der umgebenden Flüssigkeit (Druck der flüssigen Partikel). Demgegenüber dürfte der Barometerdruck, der mitwirkt, als Größe niederer Ordnung zurücktreten.

Das Verhältnis des Dampfdruckes um den flüssigen und den erstarrten Tropfen bleibt bei solcher Fassung des Begriffs in flüssiger wie in gasförmiger Umgebung das gleiche, wenigstens der Rangordnung nach. In beiden Fällen gilt das Gesetz vom Dampfdruck. Möglicherweise führen Experiment und Rechnung zu dem Resultat, daß die Stärke des Dampfdrucks unabhängig von der Umgebung ist, daß die Dichte der Dampfsphäre dagegen von der Eigenart und dem Druck der umgebenden Flüssigkeit abhängt. Es wäre ein interessantes Experiment, zu prüfen, ob der Dampfdruck unserer Schwefeltröpfchen den Druck einer hohen Glycerinsäule überwinden kann resp. den hydraulischen Druck auf eine bedeckende Glycerinschicht. Die Beobachtung des Vorgangs könnte von unten durch Spiegel geschehen. Ein Maß für die Dichte der Sphäre hätten wir in der Zeit, die die Bildung der Kriställchen fordert, vielleicht auch in dem Maximalabstand der Tröpfchen, die noch aufeinander wirken und in der Temperatur.

So gefaßt ist *Bütschlis* Beobachtung von großem Wert, wenn auch seine Deutung sich nicht als haltbar erweist. Das Experiment ließe sich als ein dauerndes Schulbeispiel einführen. Der Schwefel hat den Vorzug vor dem von mir untersuchten Furfuraldoxim, daß das Material sich leicht und kostenlos beschaffen läßt.

Veröffentlichungen von Otto Bütschli.

Zusammengestellt von Clara Hamburger.

(Aus d. Sitzungsbericht d. Heidelberger Akademie d. Wissenschaften, math.-nat. Kl., Abt. B. Jahrgang 1920. 1. Abhandlg.)

1866. Übersichtstabelle der krystallisierten Mineralien zum Gebrauch bei krystallographischen Übungen, Karlsruhe 1866, S. 1—32.

1867. Briefliche Mitteilung in: N. Jahrb. f. Mineralogie u. Geologie 1867, S. 700—701.

1869. Die Erdbeben, ihre Erscheinungen und ihre Erklärungsversuche (nach einem im wissensch. Verein „Hesperus" zu Frankfurt a. M. gehaltenen Vortrag). 4 Artikel in „Die Natur", herausgeg. von *Otto Uhle* u. *Karl Müller*, Halle a. S., 18. Jahrg. S. 180—182, 189—192, 207—216.

1870. Zur Entwicklungsgeschichte der Biene. Ztschr. wiss. Zool. Bd. *19*, S. 519—564. 4 Taf.

1871. Unsere Kenntnis von den sog. Infusionstierchen. 6 Artikel, verfaßt im Winter 1869/70. Ohne Kenntnis des Verfassers unter dem Autornamen *W. Medicus* veröffentlicht und mit Abbildungen versehen. „Die Natur" 1871, S. 6, 12, 27, 44, 52, 62.

1871. Untersuchungen über die beiden Nematoden der Periplaneta (Blatta) orientalis. Ztschr. f. wiss. Zool. *21*, S. 252—293. 2 Taf.

1871. Notiz über das Vorkommen einer dem Amyloid verwandten Substanz in einigen niederen Tieren. Arch. f. Anatom. u. Physiol. S. 362—65. 1 Tafel.

1871. Vorläufige Mitteilung über Bau und Entwicklung der Samenfäden bei Insekten und Crustaceen. Ztschr. f. wiss. Zool. *21*, S. 402—415.

1871. Nähere Mitteilungen über die Entwicklung und den Bau der Samenfäden der Insekten. Ztschr. f. wiss. Zool. *21*, S. 526—34. 2 Taf.

1871. Das Männchen eines Parasiten als Parasit im Weibchen. Die Natur, S. 382—83.

1872. Freilebende und parasitische Nematoden in ihren gegenseitigen Beziehungen. Vortrag. Berichte der Senckenb. naturf. Ges., Frankfurt a. M. S. 56—73.

1872. Beobachtungen über mehrere Parasiten. Arch. f. Naturg. *38*, 1, S. 234—49. 2 Taf.

1872. Ein unheimlicher Gast im Menschen der Tropenländer. Die Natur, S. 636—40.

1873. Einiges über Infusorien. Arch. f. mikr. Anat. *9*, S. 657—78. 2 Taf.

1873. Gibt es Holomyarier? Ztschr. f. wiss. Zool. *23*, S. 402—408. 1 Taf.

1873. Zur Entwicklungsgeschichte der Sagitta. Ztschr. f. wiss. Zool. *23*, S. 409—413. 1 Taf.

1873. Beiträge zur Kenntnis der freilebenden Nematoden. N. Acta Ksl. Leop. Carol. Dtsch. Akad. d. Naturf. *36*, S. 1—124, Taf. 1—10 (17—27).

1873. Einige Bemerkungen zur Metamorphose des Pilidium. Arch. f. Naturgesch. S. 276—283. 1 Taf.

1874. Beiträge zur Kenntnis des Nervensystems der Nematoden. Arch. f. mikr. Anatom. *10*, S. 74 bis 100. 2 Taf.

1874. Zur Kenntnis der freilebenden Nematoden, insbesondere der des Kieler Hafens. Abh. d. Senckenb. naturf. Ges., Frankfurt a. M. *9*, S. 1—56. 9 Taf.

1874. Ein Beitrag zur Kenntnis des Stoffwechsels, insbesondere der Respiration bei den Insekten. Arch. f. Anat. u. Physiol. S. 348—61.

1874. Einiges über das Chitin. Arch. f. Anat. u. Physiol. S. 362—70.

1875. Zur Kenntnis der Fortpflanzung der Arcella vulgaris. Arch. f. mikrosk. Anatom. *11*, S. 459—67. 1 Taf.

1875. Vorl. Mitteilung über Untersuchungen, betr. die ersten Entwicklungsvorgänge im befruchteten Ei der Nematoden und Schnecken. Ztschr. f. wiss. Zool. *25*, S. 201—213.

1875. Zur Entwicklungsgeschichte des Cucullanus elegans. Ztschr. f. wiss. Zool. *26*, S. 103—116. 1 Taf.

1875. Untersuchungen über freilebende Nematoden und die Gattung Chaetonotus. Ztschr. f. wiss. Zool. *26*, S. 363—413. 4 Taf.

1875. Vorläufige Mitteilung einiger Resultate von Studien über die Konjugation der Infusorien und die Zellteilung. Ztschr. f. wiss. Zool. *26*, S. 426—441.

1876. Mitteilung über die Entwicklungsgeschichte der Paludina. Ztschr. f. wiss. Zool. *27*, S. 518—21.

1876. Über die Entstehung des Schwarmsprößlings der Podophrya quadripartita Clap. u. Lachm. Jen. Ztschr. f. Mediz. u. Naturw. *10*, S. 3—23. 1 Taf.

1876. Über die Bedeutung der Entwicklungsgeschichte für die Stammesgeschichte der Tiere. Ber. d. Senckenberg. naturf. Ges. S. 1—14.

1876. Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, die Zellteilung und die Konjugation der Infusorien. Abh. d. Senckenb. naturf. Ges. *10*, S. 1—250. 15 Tafeln.

1876. Über das Wesen der Befruchtung. 2 Vorträge. Ber. d. Senckenb. naturf. Ges. Frankfurt a. M. 1877—78. S. 147—51.

1877. Über den Dendrocometes paradoxus, nebst einigen Bemerkungen über Spirochona gemmipara und die contractilen Vacuolen der Vorticellen. Ztschr. f. wiss. Zool. *28*, S. 49—65. 1 Taf.

1877. Zur Kenntnis des Teilungsprozesses der Knorpelzellen. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. *29*, S. 206—215. 1 Tafel.

1877. Entwicklungsgeschichtliche Beiträge:
I. Entwicklungsgeschichte von Paludina vivipara.
II. Einige Bemerkungen zur Entwicklungsgeschichte der Neritina fluviatilis.
III. Zur Kenntnis des Furchungsprozesses und der Keimblätterbildung bei Nephelis vulgaris. Moq-Tand.
Ztschr. f. wiss. Zool. *29*. S. 216—254. 4 Taf.

1877. Über die neueren Resultate in der Erforschung der Befruchtungsvorgänge. Berichte der Senckenberg. naturf. Ges. 1877/78. S. 145—47.

1878. Beiträge zur Kenntnis der Flagellaten und einiger verwandter Organismen. Ztschr. f. wiss. Zool. *30*, S. 205—281. 5 Taf.

1879. Bemerkungen über den exkretorischen Gefäßapparat der Trematoden. Zool. Anz. Bd. *2*, S. 588—89. 1 Textfig.

1881. Kleine Beiträge zur Kenntnis der Gregarinen. Ztschr. f. wiss. Zool. *35*, S. 384—409. 2 Taf.

1881. Beiträge zur Kenntnis der Fischpsorospermien. Ztschr. f. wiss. Zool. *35*, S. 629—51. 1 Taf.

1881. Beiträge zur Kenntnis der Radiolarienskelette, insbesondere der der Cyrtida. Ztschr. f. wiss. Zool. *36*, S. 485—540. 4 Taf.

1881. Modification der Paraffineinbettung für mikroskopische Schnitte. (Mit Unterstützung von *F. Blochmann*.) Biol. Ztrbl. *1*, S. 591—92.

1882. Über eine Hypothese bezüglich der phylogenetischen Herleitung des Blutgefäß-Apparates eines Teiles der Metazoen. Morph. Jahrb. *8*, S. 474—82.

1882. Gedanken über Leben und Tod. Zool. Anz. *5*, S. 64—67.

1882. Bemerkungen über das von J. Künstler entdeckte neue, flagellatenartige Wesen Künckelia gyrans Kstlr. Zool. Anz. *5*, S. 679—81.

1883. *Balbiani* und die Konjugation der Infusorien. Zool. Anz. *6*, S. 1—10.

1883. Bemerkungen zur Gastraea-Theorie. Morphol. Jahrb. *9*, S. 415—427. 1 Taf.

1884. Gedanken über die morphologische Bedeutung der sogenannten Richtungskörperchen. Biol. Ztrbl. *4*, S. 6—12.

1884. Über die nervösen Endorgane an den Fühlern der Chilognathen und ihre Beziehungen zu denen gewisser Insekten. Biol. Ztrlbl. *4*, S. 113—116. 2 Textf.

1885. Nachschrift zu der Arbeit von C. Hilger: Beiträge zur Kenntnis des Gastropodenauges. Morph. Jahrb. *10*, S. 372—375.

1885. Zur Herleitung des Nervensystems der Nematoden. Morphol. Jahrb. *10*, S. 486—93. 1 Taf.

1885. Einige Bemerkungen über gewisse Organisationsverhältnisse der sogen. Cilioflagellaten und der Noctiluca (mit einem Beitrag von *E. Askenasy*). Morph. Jahrb. 10, S. 529—577. 3 Taf. 4 Textf.

1885. Kleine Beiträge zur Kenntnis einiger mariner Rhizopoden. Morph. Jahrb. *11*, S. 78—101. 2 Taf.

1885. Bemerkungen zu der Schrift des Herrn Arnold Braß, „Die Organisation der tierischen Zelle" (I. u. II. Teil). Morph. Jahrb. *11*, S. 229—42.

1885. Bemerkungen über einen dem Glycogen verwandten Körper in den Gregarinen. Ztschr. f. Biol. *21*, S. 603—12.

1886. Versuch einer morphologischen Vergleichung der Vorticellinen mit verwandten Ciliaten. Morphol. Jahrb. *11*, S. 553—565. 7 Textfig.

1886. Notiz zur Morphologie des Auges der Muscheln. Festschr. d. naturh. med. Vereins zu Heidelberg. S. 175—180. 1 Taf.

1886. Bemerkungen über die wahrscheinliche Herleitung der Asymmetrie der Gastropoden, spez. der Asymmetrie im Nervensystem der Prosotranchiaten. Morphol. Jahrbuch *12*, 202—22. 2 Taf., 1 Textfig.

1886. Zoologie, vergl. Anatomie und die zool. Sammlung an der Universität Heidelberg seit 1800. Zusammengestellt zur 5. Säcularfeier d. Universität. S. 1—30.

1888. Müssen wir ein Wachstum des Plasmas durch Intussusception annehmen? Biol. Zentralbl. *8*, S. 161—64.

1888. Bemerkungen über die Entwicklungsgeschichte von Musca. Morphol. Jahrb. *14*, S. 170—74. 3 Textfig.

1880—89. Protozoa. Bronns Kl. und Ordn. d. Tierreichs. Leipzig, C. F. Winter. 3 Bd. 2035 S. 79 Taf.

1889. Über die Structur des Protoplasmas. Verh. d. naturh. med. Vereins Heidelb. N. F. Bd. *4*, S. 423—34.

1889. Über zwei interessante Ciliatenformen und Protoplasmastructuren. Tagbl. d. 62. Vers. deutsch. Naturf. u. Ärzte, Heidelb. 2 Seiten.

1890. Weitere Mitteilungen über die Struktur des Protoplasmas. Verh. d. naturh. med. Vereins Heidelb. N. F. *4*, S. 490—502.

1890. Über den Bau der Bakterien und verwandter Organismen. Vortrag, gehalten am 6. Dez. 1889 im naturh. med. Verein Heidelb. Leipzig, C. F. Winter. S. 1—37. 1 Tafel.

1891. Über die Structur des Protoplasmas. Verh. d. dtsch. zool. Ges. Leipzig, W. Engelmann. S. 14—29.

1891. u. Schewiakoff, Über den feineren Bau der quergestreiften Muskeln von Arthropoden. Vorl. Mitt. Biol. Zentralbl. *11*, S. 33—39. 7 Textfig.

1891. Über die sogen. Zentralkörper der Zelle und ihre Bedeutung. Verh. d. naturh. med. Ver. Heidelb. N. F. *4*, S. 535—38.

1892. Über die Bewegung der Diatomeen. Verh. d. naturh. med. Ver. Heidelb. N. F. *4*, S. 580—86.

1892. Versuch der Ableitung des Echinoderms aus einer bilateralen Urform. Ztschr. f. wiss. Zool. *53*, Supplem. S. 136—160. 1 Taf., 4 Textfig.

1892. Untersuchungen über mikroskopische Schäume und die Struktur des Protoplasmas. Leipzig, W. Engelmann. 230 S. 6 Taf. Dazu Atlas von 19 Mikrophotogr.

1892. Über die künstliche Nachahmung der karyokinetischen Figur. Verh. d. naturh. med. Ver. Heidelberg. N. F. *5*, S. 28—41. 2 Textfig.

1892. Über die Schaumstruktur geronnener Substanzen. Verh. d. naturh. med. Ver. Heidelberg. N. F. *5*, S. 42—43.

1892. Über den feineren Bau der kontraktilen Substanz der Muskelzellen von Ascaris, nebst Bemerkungen über die Muskelzellen einiger anderer Würmer. Festschr. zum 70. Geb. Rud. Leuckarts. Leipzig, W. Engelmann. S. 328 bis 336. 1 Taf. Folio.

1892. Einige Bemerkungen über die Augen der Salpen. Zool. Anz. *15*, S. 349—53. 5 Textfig.

1893. Über den feineren Bau der Stärkekörner. Verh. d. naturh. med. Ver. Heidelberg. N. F. *5*, S. 89—102. 1 Textfig.

1894. Vorläufiger Bericht über fortgesetzte Untersuchungen an Gerinnungsschäumen, Sphärokrystallen und die Struktur von Zellulose- und Chitinmembranen. Verh. d. naturh. med. Ver. Heidelberg. N. F. *5*, S. 230—91. 3 Taf. Separat bei C. Winter, Heidelberg.

1895. Über Strukturen künstlicher und natürlicher quellbarer Substanzen. Verh. d. naturh. med. Ver. Heidelb. N. F. *5*, S. 360—68.

1896. Über den Bau quellbarer Körper und die Bedingungen der Quellung. Abh. d. kgl. Ges. d. Wiss. Gött. *40*, S. 1—68. 5 Textfig.

1896. Weitere Ausführungen über den Bau der Cyanophyceen und Bakterien. Leipzig, W. Engelmann. S. 1—87. 5 Taf. 6 Textfig.

1896. Über die Herstellung von künstlichen Stärkekörnern oder von Sphärokrystallen der Stärke. Verh. d. naturh. med. Ver. Heidelberg. N F. *5*, S. 457—72.

1896. Betrachtungen über Hypothese und Beobachtung. Verh. d. dtsch. zool. Ges. Leipzig, W. Engelmann. S. 7—16.

1896. Die lebendige Substanz (ein in etwas erweiterter Form in der Loge Carl in Frankfurt a. M. gehaltener Vortrag). Dtsch. Revue *22*, S. 342 bis 351.

1897. Bemerkungen über die Anwendbarkeit des Experimentes in der Entwicklungsmechanik. Arch. f. Entw.-Mech. d. Org. *5*, S. 591—93.

1898. Notiz über Teilungszustände des Zentralkörpers bei einer Nostocacee, nebst einigen Bemerkungen über J. Künstlers und Busquets Auffassung der roten Körnchen der Bakterien usw. Verh. d. naturh. med. Ver. Heidelb. N. F. *6*, S. 63 bis 68. 1 Taf.

1898. Untersuchungen über Strukturen, insbesondere über Strukturen nichtzelliger Erzeugnisse des Organismus und über ihre Beziehungen zu Strukturen, welche außerhalb des Organismus entstehen. Leipzig, W. Engelmann. S. 1—411. Mit 99 Textfig. u. 1 Atlas mit 26 Taf. Mikrophotogr. und 1 lithogr. Taf.

1899. Bemerkung zur Geschichte der Frage nach der Plasmastruktur. Zool. Anz. *22*, S. 145—46.

1899. Über die Löslichkeit des Schwefels in Wasser und Glycerin. Ztschr. f. Krystallogr. u. Miner. *31*, S. 277—79. 1 Textfig.

1899. Einige Bemerkungen über die Asterenbildung im Plasma. Arch. f. Entw.-Mech. d. Org. *9*, S. 157—59.

1900. Bemerkungen über Plasmaströmungen bei der Zellteilung. Arch. f. Entw.-Mech. d. Org. *10*, S. 52—57.

1900. Untersuchungen über die Mikrostrukturen des erstarrten Schwefels, nebst Bemerkungen über Sublimation, Überschmelzung und Übersättigung des Schwefels und einiger anderer Körper. Leipzig, W. Engelmann. 96 Seiten, 4 Taf., 6 Textfig.

1900. Untersuchungen über die Mikrostruktur künstlicher und natürlicher Kieselsäuregallerten (Tabaschir, Hydrophan, Opal). Verh. d. naturh. med. Ver. Heidelberg. N. F. *6*, S. 287—348. 3 Taf.

1901. Mechanismus und Vitalismus. Leipzig, W. Engelmann. S. 1—107.

1901. Einige Beobachtungen über Kiesel- und Kalknadeln von Spongien. Ztschr. f. wiss. Zool. *69*, S. 235—86. 3 Taf., 2 Textfig.

1901. Meine Ansicht über die Struktur des Protoplasmas und einige ihrer Kritiker. Arch. f. Entw.-Mech. d. Org. *11*, S. 499—584. 1 Taf.

1902. Bemerkungen über Cyanophyceen und Bacteriaceen. Arch. Prot. Kd. *1*, S. 41—58. 1 Taf.

1903. Untersuchungen über Amylose und amyloseartige Körper. Verh. d. naturh. med. Ver. Heidelberg. N. F. 7, S. 419—518.

1903. Notiz über die sogen. Florideenstärke. Verh. d. naturh. med. Ver. Heidelberg. N. F. 7, S. 519—528.

1903. Interessante Schaumstrukturen von Dextrin- und Gummilösungen. Sitz.-Ber. d. Kgl. Bayer. Akad. Wiss., math.-phys. Kl. *33*, S. 215—34.

1903. Bemerkungen zu der Arbeit von A. Giardina (diese Ztschr. Bd. *21*, 1902, S. 561). Anat. Anz. *22*, S. 381—87.

1904. Erwiderung auf N. Holmgrens Kritik (Bd. *24*, S. 205—208 dieser Ztschr.). Anatom. Anz. *24*, S. 556—559.

1904. Beobachtungen über eigentümliche Sprungsysteme von großer geometrischer Regelmäßigkeit. Verh. d. naturh. med. Ver. Heidelberg. N. F. 7, S. 653—703. 28 Textfig.

1904. Gedanken über Begriffsbildung und einige Grundbegriffe. Ostwalds Annal. d. Naturphilos. *3*, S. 125—202.

1905. Über die Einwirkung konzentrierter Kalilauge auf kohlensauren Kalk und das sich dabei bildende Doppelsalz. Zool. Anz. *29*, S. 428—30.

1905. Kants Lehre von der Kausalität. Ostwalds Annal. d. Naturphilos. *4*, S. 339—385.

1906. Über die Skelettnadeln der Kalkschwämme. (Entgegnung auf die Mitteilung von Prof. *E. Weinschenk*.) Zentrbl. f. Mineralog. etc. S. 12—15.

1906. Nochmals über die Einwirkung konzentrierter Kalilauge auf die Nadeln der Calcispongia. Zool. Anz. *29*, S. 640—43.

1906. Bemerkungen zu der Mitteilung von F. Schaudinn über Spirochaeta pallida. Dtsch. med. Wochenschr. *2*, S. 1—2.

1906. Über die Einwirkung von konz. Kalilauge und konz. Lösung von kohlensaurem Kali auf kohlensauren Kalk, sowie über zwei dabei entstehende Doppelsalze von kohlensaurem Kali und kohlensaurem Kalk. Verh. naturh. med. Ver. Heidelberg. N. F. 8, 277—330, Sep. Heidelberg, C. Winter.

1906. Beiträge zur Kenntnis des Paramylons. Arch. Prot. Kd. *7*, S. 197—228. 1 Taf., 2 Textfig.

1906. Über die chemische Natur der Skelettsubstanz der Acantharia. Zool. Anz. *30*, S. 784—89.

1907. Über Gaylussit und ein zweites Doppelsalz von Calcium- und Natriumcarbonat. Journ. f. prakt. Chemie. N. F. *75*, S. 556—60.

1907. Über die Natur der von Biedermann aus Krebsblut und Krebspanzer erhaltenen Kristalle. Biol. Zentrlbl. *27*, S. 457—66.

1907. Chemische Natur der Skelettsubstanz des Podactinelius und der Acantharia überhaupt. Dtsch. Südpol-Exp. *9*, Zoologie *1*, S. 239—57. 4 Textfig.

1908. Untersuchungen über organische Kalkgebilde nebst Bemerkungen über organische Kieselgebilde, insbes. über das spez. Gewicht in Beziehung zu der Struktur, die chemische Zusammensetzung u. anderes. Abh. d. Kgl. Ges. d. Wiss. Gött. N. F. *6*, 3. Math.-phys. Kl. S. 1—177. 4 Taf., 3 Textfig.

1909. Glauben in der Naturwissenschaft. Verh. d. naturh. med. Ver. Heidelberg. N. F. *10*, S. 73 bis 79.

1910. Vorlesungen über vgl. Anatomie. 1. Lief. Einleitung. Vergleichende Anatomie der Protozoen. Integument und Skelet der Metazoen. Leipzig, W. Engelmann. 401 S., 264 Textfig.

1912. Gedächtnisfeier für Brühl. Ansprache. Verh. nat. med. Ver. Heidelb. *11*, S. 330—32.

1912. Vorlesungen über vgl. Anatomie, 2. Lief. Allgemeine Körper- und Bewegungsmuskulatur. Elektr. Organe. Nervensystem. Leipzig, W. Engelmann. S. 401—644, Textfig., 265—451.

1915. Bemerkungen zur mechanischen Erklärung der Gastrula-Invagination. Sitz.-Ber. Heidelb. Akademie d. Wiss. Math.-naturw. Kl. 2 Abh. S. 1—13.

1916. Jahresbericht des geschäftsführenden Sekretärs der Akademie. Vorwort. Sitzber. d. Heidelb. Akad. d. Wiss. Jahresheft 1915, S. I—VIII.

1917. Notiz zu meiner Erklärung der Quellung. Sitz.-Ber. d. Heidelb. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl. 4. Abh., S. 1—10.

1920. Vorlesungen über Vergleichende Anatomie. 3. Lief.: Sinnesorgane. Leuchtorgane. S. 644 bis 931, Textfig., 452—722. Berlin, J. Springer. 4. Lief.: Ernährungsorgane (im Druck).

Im Manuskript liegen ferner vor:
Leibeshöhle und die sich von ihr ableitenden Organsysteme (bes. das Ambulacralsystem der Echinodermen). Atemorgane. Blutgefäßsystem.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 29. (Seite 571—586) **16. Juli 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Der heutige Stand der Statolithentheorie des Geotropismus. Von *Hermann v. Guttenberg, Berlin-Dahlem.* S. 571.

Die organische Elementarsynthese in der Technik. Von *Erich Baum, Solln b. München.* S. 577.

Zuschriften an die Herausgeber:

Zur Definition des Lebewesens auf Grund seiner thermodynamischen Eigenschaften. Von *L. Ebert, Würzburg.* S. 581.

Zu den Bemerkungen von L. Ebert über meinen Artikel in Heft 18 d. J. Von *E. Bauer, Göttingen.* S. 582.

Zur Kenntnis des grünen Strahls. Von *Otto Meissner, Potsdam.* S. 583.

Erwiderung. Von *H. Kranichfeld, Oberlössnitz-Dresden.* S. 583.

Besprechungen:

Schmiedeberg, Oswald, Über die Pharmaka in der Ilias und Odyssee. Von *Flury, Würzburg.* S. 583.

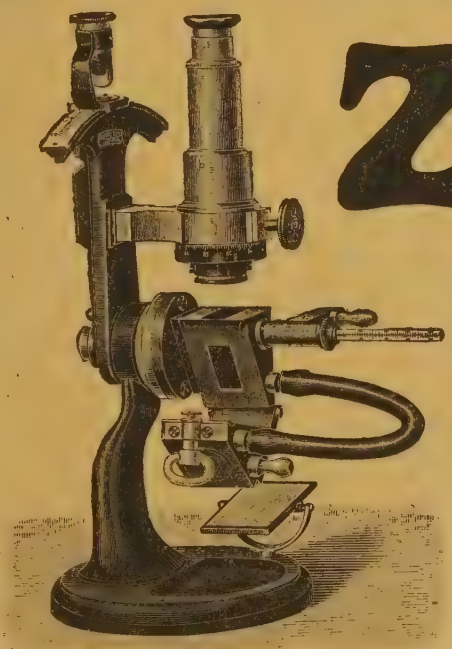
Newcombs Astronomie für Jedermann. Von *K. F. Bottlinger, Neubabelsberg.* S. 585.

Machatschek, F., Geomorphologie. Von *Welter, Bonn.* S. 585.

Dacqué, E., Geographie der Vorwelt (Paläogeographie). Von *J. Walther, Bonn.* S. 585.

Astronomische Mitteilungen.

Zur Theorie der Helligkeit des Saturnringes. Von *Guthnick.* S. 586.



Zeiss
Abbe-Refraktometer
mit heizbaren Prismen
zur chemischen Analyse

ZEISS

Abbe - Refraktometer
Butter - Refraktometer
Eintauch - Refraktometer
Zucker - Refraktometer
Pulfrich - Refraktometer
Kristall - Refraktometer
Differenz - Refraktometer
Milchfett - Refraktometer

BERLIN HAMBURG CARL ZEISS JENA WIEN BUENOS AIRES

Druckschriften kostenlos

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 26 — für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1,50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C. Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Lichtbilder
für Projektion
aus allen Gebieten der Wissenschaft, Kunst, Völkerkunde etc.

Projektionsapparate

A. Krüss
Optisch-Mechanische Werkstätten
Inhaber: Dr. **Paul Krüss,**
Hamburg 11. (192)

Von der 2. Auflage von
Chwolson, Lehrbuch der Physik
liegt fertig vor: Band I
Abt. I: **Mechanik und Meßmethoden**
Gebunden 14.40 Mk.
Abt. II: **Lehre von den gasförmigen, flüssigen u. festen Körpern**
Gebunden 16 Mk.
Hermann Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75

Mikroskopische Präparate
Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Testplatten, Mineralogie und Geologie. Neue Liste gegen Einsendung von M. 5.—, welche bei einem Auftrage von M. 20.— angerechnet werden.
J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (207)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:
Das schmiedbare Eisen
Konstitution und Eigenschaften
Von
Dr.-Ing. **Paul Oberhoffer**
o. Prof. d. Eisenhüttenkunde, Vorsteher des Eisenhüttenmännischen Instituts a. d. Techn. Hochschule Breslau
Mit 345 Textfiguren und 1 Tafel
Preis M. 40.—; gebunden M. 45.—
(Hierzu Sortimentszuschlag)
Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope
Gg. Leisegang Berlin
Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche
Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

Mineralien, Gesteine, Petrefakten,
Einzelstücke und Sammlungen,
alle naturwissenschaftlichen Lehrmittel
Dr. Paul Michaëlis
Sächs. Mineralien- u. Lehrmittelhandlung
Dresden-Blasewitz 2, Schubertstraße 8
Liste 1919 über Mineralien, Gesteine u. Petrefakten kostenlos.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:
Leitfaden der Medizinisch-Klinischen Propädeutik
Von
Dr. **F. Külbs**
Professor an der Universität Köln
Mit 86 Textabbildungen
Zweite Auflage
Preis M. 9.— (und Sortimentszuschlag)
Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 16. Juli 1920. Heft 29.

Der heutige Stand der Statolithentheorie des Geotropismus.

Von Hermann von Guttenberg, Berlin-Dahlem.

Vor zwanzig Jahren erschienen im Juniheft der „Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft" zwei Arbeiten, die nicht nur im engeren Kreise der Fachgelehrten, sondern weit darüber hinaus großes Aufsehen erregten. Es waren die ersten Mitteilungen über eine Statolithentheorie des Geotropismus der Pflanzen. Gleichzeitig und unabhängig voneinander waren *G. Haberlandt*[1]) und *B. Nemec*[2]) zu der Auffassung gelangt, daß die Lageempfindungen der Pflanzen und ihre damit zusammenhängenden Krümmungsbewegungen, also kurz gesagt, der Geotropismus der Pflanzen, durch die Umlagerungsfähigkeit gewisser Zellinhaltskörper in ähnlicher Weise eine Erklärung finde, wie die Lageempfindung tierischer Organismen durch die in Statocysten eingelagerten, stets dem Zuge der Schwere folgenden Statolithen. Zwanzig Jahre bedeuten im regen naturwissenschaftlichen Forschen unserer Zeit eine geraume Spanne, und so dürfte es angebracht sein, einen kurzen Überblick darüber zu geben, wie die Theorie der weiteren Entwicklung unseres Wissens standgehalten hat, ob sie im Laufe der Jahre gefestigt oder ob sie erschüttert wurde.

Da die Bekanntschaft mit der Theorie nicht ohne weiteres vorausgesetzt werden darf, soll diese zuerst kurz geschildert werden. Der Gedanke, daß bei Pflanzen den tierischen Statocysten analoge Gebilde auftreten könnten, wurde zuerst von *Noll*[3]) ausgesprochen. Da ihm solche aber unbekannt waren, nahm er kleinste, jenseits der Grenze der Sichtbaren liegende „Zentrosomen" in ebensolchen „Zentrosphären" an und verlegte den Sitz dieser hypothetischen Gebilde in die ruhende äußere Plasmahaut. Durch gelegentliche Beobachtung und vereinzelte Literaturangaben waren nun *Haberlandt* und *Nemec* darauf aufmerksam geworden, daß es tatsächlich in den Zellen der Pflanzen umlagerungsfähige Inhaltskörper gibt, und eine daran anschließende planmäßige Forschung zeigte bald, daß solche in gewissen Geweben ganz regelmäßig vorkommen. Vor allem sind in Leukoplaste oder Chloroplaste eingeschlossene Stärkekörner sehr häufig spezifisch schwerer als die sie umgebende Plasmaflüssigkeit und sinken daher bei jeder Neigung des sie enthaltenden Pflanzenorgans alsbald auf die jeweils physikalisch unteren Zellwände. Daneben finden sich gelegentlich umlagerungsfähige Kristalle und Zellkerne. Unter der Annahme, daß die unbewegliche äußere Plasmahaut den Druck der „Statolithenstärke" empfinde, ergibt sich eine einfache Erklärung dafür, wie die Pflanze die Schwerkraftrichtung wahrnimmt, wie die Schwerkraft als Reiz auf sie einwirken kann. Denn je nach der Neigungslage des Organs werden verschiedene Plasmapartien dem Druck der Stärkekörner ausgesetzt sein, und eine bestimmte Lagerung derselben wird der Normallage des betreffenden Pflanzenteils entsprechen.

Die Vertreter der Theorie konnten zunächst zeigen, daß alle höheren Pflanzen solche Einrichtungen besitzen, und zwar gerade an jenen Stellen, in welchen der Schwerkraftreiz empfunden wird. Besonders deutlich wird dies dort, wo streng lokalisierte geotropische Empfindlichkeit auftritt, wie in der äußersten Spitze der Wurzeln und in den Keimblattscheidenspitzen der Gräser. Bei ersteren tritt eine Anhäufung umlagerungsfähiger Stärke in der Wurzelhaube auf, bei letzteren im spatelförmigen Spitzenteile. In Stengelorganen findet sich solche Stärke in einer den Gefäßbündelkreis umgebenden Stärkescheide, bei Pflanzen, deren Stengel durch „Knoten" gegliedert sind, wie z. B. bei den Gräsern, in diesen.

Darüber, daß die anatomischen und zytologischen Befunde durchaus im Einklang mit der Theorie stünden, war man sich bald einig. Daran hat sich auch bis heute nichts geändert, da die neueren Beobachtungstatsachen mit den Forderungen der Theorie bestens übereinstimmen. Wenn von gegnerischer Seite darauf verwiesen wurde, daß in manchen geotropisch empfindlichen Pilzen umlagerungsfähige Inhaltskörper bisher noch nicht nachgewiesen wurden, so muß man dem doch entgegenhalten, daß es auch niedere Tiere gibt, die Lageempfindungen erkennen lassen, ohne Statocysten zu besitzen, was bisher noch niemand zum Anlaß genommen hat, die Bedeutung der Statocysten für die übrigen Tiere zu bestreiten. Das wäre auch nicht gut möglich, seit *Kreidl* gezeigt hat, daß gewisse Garnelen, die an Stelle ihrer normalen Statolithen Eisenteilchen in den Statocysten tragen, auf magnetische Kraft ebenso wie auf die Schwerkraft reagieren.

[1]) *G. Haberlandt*, Über die Perzeption des geotropischen Reizes, Ber. d. Deutsch. Botan. Ges. Bd. *XVIII*, 1900.

[2]) *B. Nemec*, Die Perzeption des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen, Ebenda Bd. *XVIII*, 1900.

[3]) *Fr. Noll*, Über heterogene Induktion, Leipzig 1892; Über Geotropismus, Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. *XXXIV*, 1900.

Der Forderung, die Richtigkeit der Theorie auf experimentellem Wege zu erweisen, sind zuerst ihre Begründer selbst nachgekommen. Es kann hier nicht auf alle die sinnreichen Versuche eingegangen werden, mit welchen besonders *Haberlandt* seine Theorie zu stützen suchte. Wir wollen uns damit begnügen, festzustellen, daß sie durchaus zugunsten der Theorie sprachen. Doch sollen im folgenden einige neuere Experimente geschildert werden, die eine Prüfung der Theorie gestatten.

Immer wieder war versucht worden, durch Entfernung der Statolithenstärke Anhaltspunkte für oder gegen die Theorie zu gewinnen. Dies erwies sich aber als sehr schwierig, da diese Stärke von den Pflanzen außerordentlich zäh festgehalten wird, woraus übrigens ersehen werden kann, daß es sich nicht einfach um einen Reservestoff handelt. Gelang es endlich, sie durch Eingipsen, Aushungern, hohe oder niedere Temperatur oder durch gewisse Chemikalien zum Verschwinden zu bringen, so konnte der Einwand nie völlig aus der Welt geschafft werden, daß das nunmehr zu konstatierende Ausbleiben geotroper Krümmungen nicht auf den Verlust der Stärke, sondern auf eine allgemeine Schädigung der Pflanze zurückzuführen sei. In noch höherem Maße galt dies für die Versuche, in welchen die stärkeführenden Teile durch Resektion entfernt wurden. Nun hat neuerdings *Clara Zollikofer*[1]) ein Verfahren zur Entstärkung geotropisch empfindlicher Organe gefunden, bei welchem anscheinend keinerlei Schädigung der Pflanzen eintritt. Kultivierte sie nämlich Keimlinge erst eine bestimmte, nicht zu lange Zeit am Licht unter normalen Bedingungen, so gelang es durch nachträgliche Verdunklung während einiger Tage die Statolithenstärke zum Verschwinden zu bringen, bevor die Wachstumsfähigkeit erloschen war. Die Verfasserin wählte für ihre Versuche Kompositenkeimlinge, besonders *Tagetes erecta* und *Dimorphotheca aurantiaca*, da bei diesen die Stärkescheide des Hypokotyls von vornherein wenig Stärke besitzt. Die Pflanzen wuchsen erst 2—4 Tage am Licht und wurden dann verdunkelt. Nach 1—2 Tagen war eine deutliche Abnahme der Stärkekörner an Zahl und Größe bemerkbar, nach 3—4 Tagen waren Keimlinge von *Tagetes*, *Dimorphotheca* und *Calendula* (letztere nach teilweiser Entfernung der Keimblätter) völlig entstärkt. *Helianthus*-Keimlinge verloren die Stärke nach 5—6 Tagen, doch mußten hier die Kotyledonen wegen ihres hohen Stärkegehaltes ganz entfernt werden. Da die Pflanzen erst am Licht gezogen worden waren, zeigten sie keine oder nur geringe Etiolementserscheinungen. Um den Zuwachs während der geotropischen Reizung messen zu können, wurden unterhalb der Kotyledonen Tuschemarken angebracht, ferner wurden, um auch geringfügige Krümmungen noch mit Sicherheit nachweisen zu können, feine Glasnadeln am oberen Ende der Hypokotyle mit einem Gipströpfchen befestigt. So vorbereitet wurden die mehr oder weniger entstärkten Pflanzen durch 24 Stunden horizontal gelegt, um festzustellen, ob sie ihre geotropische Krümmungsfähigkeit beibehalten oder verloren hätten.

Betrachten wir nun die von der Verfasserin tabellarisch zusammengestellten Versuchsresultate, so ergibt sich eine sehr gute Übereinstimmung zwischen dem Stärkegehalt und dem Auftreten von geotropen Krümmungen. Von 397 *Tagetes*-Keimlingen hatten sich 48 geotropisch gekrümmt; davon enthielten 42 noch Statolithenstärke, wogegen solche in den restlichen 6 Exemplaren nicht mehr nachweisbar war. Die übrigen 349 Pflanzen hatten ihre geotropische Krümmungsfähigkeit eingebüßt, obwohl 271 noch erheblich gewachsen waren, also eine Krümmung hätten ausführen können, wenn sie den Reiz empfunden hätten. Wir sehen also, daß, in Prozenten ausgedrückt, nur 1,5 % der Keimlinge den Forderungen der Theorie nicht entsprach. Bei *Dimorphotheca*, wo die Entstärkung fast restlos gelang, krümmten sich von 201 Pflanzen nur 3, davon 2 (= 1 %) ohne nachweisbare Stärke. Bei *Helianthus annuus* und *Calendula officinalis* beträgt diese Fehlerzahl je 1,2 %, bei *Helianthus multiflorus* fehlt sie überhaupt.

Um nun festzustellen, ob nicht doch auch bei diesem Verfahren eine gewisse Schädigung der Pflanzen auftritt, wurde ein Teil derselben nach der Verdunklung wieder ans Licht gebracht. Bei *Tagetes* reagierten nach 1½ Tagen die Hälfte, nach 2 Tagen alle Pflanzen wieder kräftig geotropisch. Gleichzeitig war die Statolithenstärke in der Scheide regeneriert worden. Bei *Dimorphotheca* trat derselbe Erfolg nach 3—4 Tagen ein. Die ihrer Kotyledonen beraubten *Helianthus*-Keimlinge konnten sich naturgemäß auch am Lichte nicht allein erholen, es gelang aber in einer Anzahl von Fällen durch Fütterung mit Traubenzucker die Stärke zum Teil wieder zu regenerieren. Solche Pflanzen vollführten dann auch in der Regel schwache geotrope Krümmungen.

Um die Empfindlichkeit des Plasmas zur Zeit der Entstärkung zu prüfen, wurde eine Anzahl von Versuchspflanzen auch durch einseitige Beleuchtung phototropisch gereizt. Um dabei die Möglichkeit einer Neubildung von Stärke auszuschließen, befanden sich die Keimlinge während der Beleuchtung in einem kohlensäurefreien Raum. Von 189 daraufhin geprüften *Tagetes*-Pflanzen schieden zunächst 36 aus, da sie kein Wachstum mehr zeigten. Es verblieben 153, von welchen sich 148 deutlich phototropisch krümmten. Einen ähnlichen Prozentsatz finden wir bei *Dimorphotheca* und *Calendula*. Wir sehen also, daß entstärkte Pflanzen noch zu Reizkrümmungen befähigt sind und daß das

[1]) *Cl. Zollikofer*, Über das geotropische Verhalten entstärkter Keimstengel und den Abbau der Stärke in Gramineen-Koleoptilen, Beiträge zur allgem. Botanik Bd. *I*. 1918.

Plasma seine Empfindlichkeit für den Lichtreiz bewahrt hat. Das macht es aber sehr wahrscheinlich, daß das Ausbleiben geotroper Krümmungen weder auf Reaktionsunfähigkeit noch auf Unempfindlichkeit des Plasmas beruht. Es dürfte vielmehr das Versagen der Keimlinge auf das Fehlen eines andern primären Gliedes der Reizkette zurückzuführen sein, und nichts liegt näher, als das Fehlen der Stärkekörner dafür verantwortlich zu machen und diese als die Druckvermittler zu betrachten. „Versuche, die sich auf das Ausbleiben einer Reaktion gründen, sind freilich", wie die Verfasserin selbst zugibt, „eo ipso dem Vorwurf einer geringeren Beweisfähigkeit ausgesetzt." Man wird aber zugeben müssen, daß ihre sorgfältige, alle Möglichkeiten kritisch prüfende Arbeit der Theorie eine neue Stütze erbracht hat.

Weniger überzeugend sind die Befunde *Zollikofers* an Keimblattscheiden von Gräsern. Diese Organe besitzen, wie schon erwähnt, in ihrer geotropisch besonders empfindlichen Spitze reichlich umlagerungsfähige Stärke. Wie die Verfasserin fand, schwindet diese annähernd im gleichen Tempo, wie die geotropische Krümmungsfähigkeit erlischt. Da aber einerseits der Abbau der Stärke kein vollständiger ist, anderseits die Durchbrechung der Scheide durch die jungen Laubblätter als neuer Faktor hinzutritt, liegen die Verhältnisse hier nicht so klar.

Zollikofer setzt sich in ihrer Arbeit auch mit einer Theorie auseinander, die vor einigen Jahren *Linsbauer*[1]) aufgestellt hat. Dieser versuchte zu zeigen, daß eine Geoperzeption auch ohne Druckvermittler vor sich gehen könne. Er vermutet, daß im Plasma selbst netzartige Strukturen unter dem Einfluß der Schwerkraft Form- oder wenigstens Spannungsveränderungen erleiden könnten, und daß auf diese Weise eine Perzeption des Schwerereizes zustande käme. Daß eine solche Auffassung denkmöglich ist, sei dem Verfasser ohne weiteres zugegeben, doch hat sie von vornherein den Nachteil, daß sie sich der Anschauung und wohl auch dem Experiment gänzlich entzieht. Mit Recht betont ferner *Zollikofer*, daß wir uns nach den neueren Untersuchungen über die Schaumstruktur des Protoplasmas ein solches Netz als einen Schaum aus zwei nicht oder wenig mischbaren Flüssigkeiten zu denken hätten, daß solche Schäume aber zufolge ihrer Schaumspannung eine ziemlich stabile Struktur besitzen, die durch bloße Lageveränderung des Organs kaum geändert werden dürfte.

Wir wollen nun weiter sehen, ob und wie sich verschiedene seit der Begründung der Statolithentheorie bekanntgewordene Erfahrungen über den Geotropismus mit der Theorie vereinen lassen. Die Zeit, die zur Umlagerung der Stärke in den Zellen erforderlich ist („Wanderzeit"), beträgt in der Regel 5—20 Minuten. Damit stimmt gut überein, daß die kürzeste Zeit, während welcher eine Pflanze gereizt werden muß, um nachträglich eben noch eine Krümmung zu vollführen („Präsentationszeit"), ganz ähnliche Werte aufweist. Nun hat aber *Fitting*[1]) gezeigt, daß die Pflanzen auch Reize perzipieren, die kürzer als eine Sekunde dauern. Wir erfahren dies dadurch, daß es möglich ist, durch Summation solcher kurzen Reize eine geotropische Krümmung zu erzielen. Ferner fand *Fitting*, daß Pflanzen, die abwechselnd auf entgegengesetzten Seiten geotropisch gereizt werden, so zwar, daß sie einmal in der Horizontallage, dann, nach Drehung um 180 °, in einem kleineren oder größeren Neigungswinkel exponiert werden, sich stets im Sinne der horizontalen Reizung krümmen. Dies erfolgt wieder auf Grund einer Summation der Einzelreize, und zwar auch dann, wenn die einzelnen Expositionszeiten sehr kurz sind. In diesen und anderen Fällen soll die Krümmung ohne einseitige Ansammlung der Stärke zustande kommen. Ferner beobachtete *Jost*[2]) Krümmungen an Linsenwurzeln und Keimblattscheiden nach 2—3 stündiger Einwirkung einer Zentrifugalkraft von 0,02—0,05 g, ohne daß es zu einer einseitigen Ansammlung der Stärke gekommen wäre. Eine genaue Nachprüfung der Stärkeverteilung unter solchen Versuchsbedingungen erfolgte dann durch *Buder*[3]). Er kam dabei zu Ergebnissen, die für die Statolithentheorie wesentlich günstiger sind. Einmal konstatierte er eine Wanderung der Stärke auch bei der Kombination verschiedener Ablenkungswinkel, ferner fand er auch bei Verwendung sehr geringer Zentrifugalkräfte (von 0,13 g an) einseitige Lagerung der Stärke. Bei geringeren Fliehkräften verteilt sich diese ziemlich gleichmäßig auf alle Zellwände. Schließlich fand er, daß sich die Präsentationszeiten bei so geringer Reizung in gleichem Maße verlängern wie die Wanderzeiten der Stärke. Übrigens hatte *Haberlandt* der Statolithentheorie zu dieser Zeit bereits eine weitere Fassung gegeben. Er betrachtet jetzt die Umlagerung der Stärke nicht mehr als unbedingt notwendige Voraussetzung für eine Perzeption, sondern vertritt die Ansicht, daß unter Umständen schon ein einseitiger Druck der Stärke zur Reizung führen könne. Wenn dann, wie in *Josts* Versuchen, die Stärke gleichmäßig über alle Wände verteilt ist, „so können nur jene Stärkekörner infolge der Fliehkraftwirkung einen Druck auf die Plasmahaut ausüben, die den äußeren, d. h. der Peripherie der Dreh-

[1]) *K. Linsbauer*, Über Wachstum und Geotropismus der Aroideen-Luftwurzeln, Flora Bd. *97*, 1907.

[1]) *H. Fitting*, Untersuchungen über den geotropischen Reizvorgang. Jahrb. f. wiss. Botanik Bd. *41*, 1905.

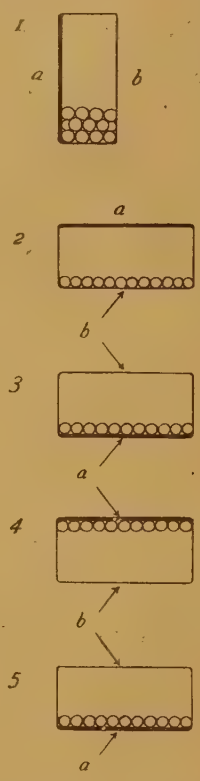
[2]) *L. Jost*, Die Perzeption des Schwerereizes in der Pflanze. Biologisches Zentralblatt Bd. *22*, 1902.

[3]) *J. Buder*, Untersuchungen zur Statolithenhypothese, Ber. d. Deutsch. Botan. Gesellschaft Bd. *26*, 1918 (Festschrift).

scheibe zugekehrten Zellwänden angelagert sind". In diesem Sinne erfolgt dann auch die Reizkrümmung. Bringen wir ferner ein Organ aus der Vertikalstellung, in welcher sich die Stärkekörner auf den physikalisch unteren Querwänden der Zellen befinden, in die Horizontallage, so werden sofort *die* Körner auf die nunmehr horizontal liegenden Längswände drücken, welche diesen seitlich auflagern. Wenn nun aber *Fitting* meint, daß die Umlagerungsfähigkeit der Stärke für die Statolithentheorie in dem Momente belanglos wird, in dem sie zugibt, daß schon eine Änderung der Druckrichtung zur Perzeption führen könne, so geht er damit entschieden zu weit. Voraussetzung für die Perzeption wird stets eine gewisse Deformation des Plasmas bleiben, und eine solche kann durch bewegliche Stärke natürlich viel eher herbeigeführt werden als durch unbewegliche, und zwar auch dann, wenn keine Verlagerung, sondern nur eine Änderung der Druckrichtung stattfindet.

Wie *Fitting* experimentell nachgewiesen hat, ändert sich die geotropische Erregung in den verschiedenen Neigungslagen mit dem Sinus des Ablenkungswinkels von der Vertikalen. Demnach ist die Horizontallage die optimale geotropische Reizlage, was sie auch nach der Statolithentheorie sein muß, da im horizontal gelegten Organ alle Stärkekörner den unteren Längswänden anliegen. Bei schräger Lage hängt die Größe des jeweils mit Stärke bedeckten Wandstückes gleichfalls vom Sinus des Neigungswinkels ab. Das gilt freilich nur für den Fall der vollkommenen Umlagerung der Stärke.

In seiner genannten Arbeit hat *Buder* einen neuen Weg zur Prüfung der Statolithentheorie eingeschlagen. Er trachtete Bedingungen zu schaffen, bei welchen nicht das Ausbleiben von Krümmungen — wie bei der Entstärkung —, sondern im Gegenteil gerade das Auftreten von Krümmungen die Richtigkeit der Theorie erweisen müßte. Zu diesem Zwecke legte er Kressewurzeln so lange horizontal, bis die Stärkekörner in gleichmäßiger Schicht auf den nunmehr unten liegenden Zelllängswänden verteilt waren. Dazu waren 12 Minuten erforderlich. Dann wurden die Wurzeln um 180 ° gedreht, so daß die mit Stärke bedeckten Wände oben lagen. In dieser Stellung verweilten die Objekte wieder 12 Minuten, während welcher Zeit die Stärkekörner auf die gegenüberliegenden Wände herabsanken. Solche Wurzeln hatten also einseitig verlagerte Stärke, aber kein Krümmungsbestreben, da sie auf entgegengesetzten Seiten gleich lange gereizt wurden. In diesem Falle kompensieren sich die beiden Reizungen. Man kann nun solche Pflanzen so exponieren, daß einmal die mit Stärke bedeckten Längswände, dann die stärkefreien Längswände unten liegen, wie dies die schematische Fig. 1 anschaulich macht. Besteht die Statolithentheorie zu Recht, so muß es zu Krümmungen im Sinne der Lage kommen, bei der die Stärkekörner auf die Längswände drücken. Andernfalls müssen Krümmungen ausbleiben, da rein physikalisch betrachtet beide Seiten in gleicher Weise gleich lange gereizt wurden. Natürlich war es notwendig, die Einzelexpositionen so kurz zu wählen, daß während ihrer Dauer eine neuerliche Verlagerung der Stärke nicht vor sich gehen konnte. Das Resultat der Buderschen Versuche war ein positives, die Wurzeln krümmten sich im oben angegebenen Sinne, entsprachen also in ihrem Verhalten den Forderungen der Theorie. Die Richtigkeit dieser Versuche ist von *Zielinski*[1]) angefochten worden. Ein Ver-



Figur. 1. Schematische Darstellung der Stärkeverteilung in einer Haubenzelle der Wurzel von Lepidium sativum bei der Buderschen Versuchsanstellung. *a*, *b* gegenüberliegende Längswände. 1 Ausgangsstellung, 2 Verteilung der Stärke nach 12 Minuten langer Horizontallegung der Wurzel. 3 Dasselbe nach Drehung um 180 ° und weiteren 12 Minuten. 4 und 5 Lagerung der Körner bei der darauffolgenden je 10 Sekunden dauernden antagonistischen Reizung. Nach *Buder*.

gleich der beiden Arbeiten lehrt aber, daß vorläufig kein Grund vorliegt, an der Beweiskraft der Versuche *Buders* zu zweifeln.

In sinnreicher Weise hat später *E. Richter*[2]) *Buders* Versuch modifiziert. Er beobachtete, daß an horizontal gelegten Linsenwurzeln die Umlagerung der Stärke in der Regel schon vor

[1]) *F. Zielinski*, Über die gegenseitige Abhängigkeit geotropischer Reizmomente, Zeitschrift für Botanik Bd. *3*, 1911.

[2]) *E. Richter*, Vorläufige Mitteilung eines Experimentes zur Statolithentheorie, Ber. d. Deutsch. Botan. Ges. Bd *32*, 1914.

Ablauf der Präsentationszeit eintritt, daß sich also solche Wurzeln nach Umlagerung der Stärke noch nicht krümmen. So vorbehandelte Wurzeln wurden nun langsam um eine horizontale Achse gedreht, und zwar derart, daß die mit Stärke bedeckten Wände senkrecht zur Drehungsebene orientiert waren (vgl. Fig. 2 a). Dabei werden die Stärkekörner stets dann einen Druck auf die Wände, denen sie angelagert sind, ausüben, wenn diese während der Rotation nach unten gekehrt sind. Tatsächlich krümmten sich auch von 436 so behandelten Wurzeln 208 (48 %). Es war aber auch möglich, die Wurzeln in der Weise rotieren zu lassen, daß die mit Stärke bedeckten Wände der Drehungsebene parallel lagen (Fig. 2 b). In diesem Falle können die Stärkekörner auf die Plasmahäute, denen sie anliegen, überhaupt keinen Druck ausüben. Von 428 derart rotierten Wurzeln krümmten sich nur 113 (20 %). Daß

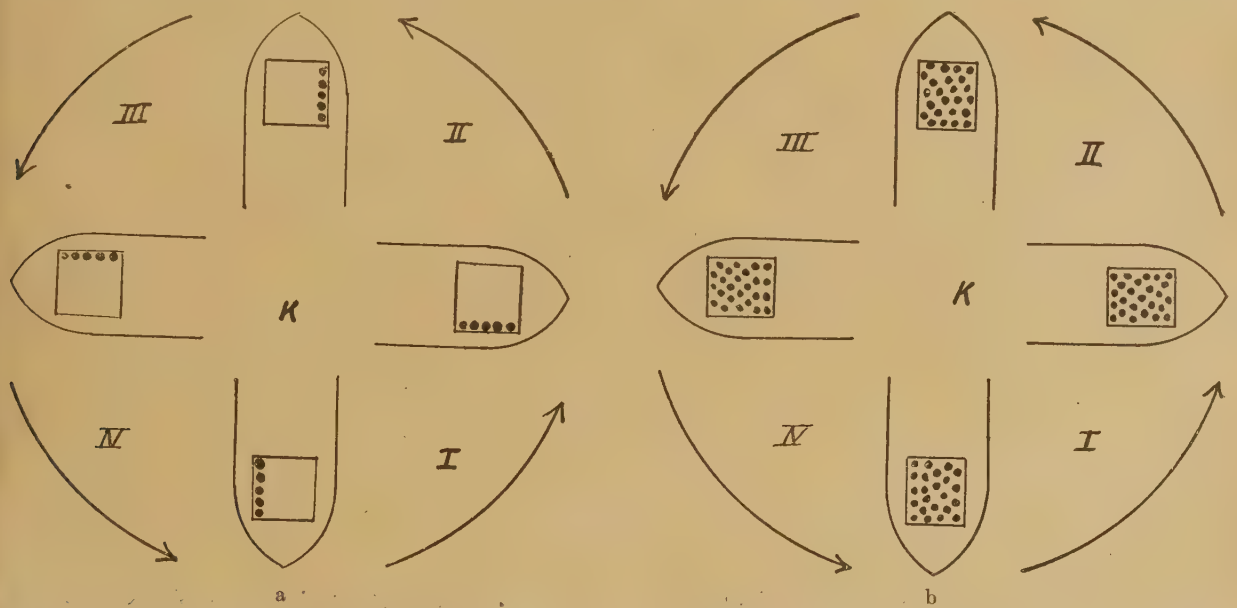


Fig. 2. Schematische Darstellung der Stärkeverteilung in einer Haubenzelle der Wurzel von *Linum usitatissimum* bei der E. Richterschen Versuchsanstellung. K = Rotationsachse, senkrecht zur Bildfläche. Nach *E. Richter*.

überhaupt Krümmungen eintraten, erklärt der Verfasser daraus, daß die betreffenden Wurzeln schon während der horizontalen Exposition etwas über die Präsentationszeit gereizt worden waren.

Die in den Versuchen *Buders* und *Richters* auftretenden Krümmungen erfahren durch die Statolithentheorie eine einfache Erklärung; bei Ablehnung der Theorie wären sie ganz unverständlich. Auf ganz anderem Wege als *Fitting* sind *G.* und *F. Weber*[1]) zu Einwänden gegen die Statolithentheorie gekommen. Sie glaubten eine Wirkung der Schwerkraft auf die Plasmaviskosität feststellen zu können. Es ist klar, daß die Fallgeschwindigkeit der Stärkekörner von dem Grade der Zähigkeit des Plasmas abhängt. *Heilbronn*[1]) hat nun eine Methode angegeben, mit deren Hilfe man das Sinken der Stärkekörner direkt beobachten und so die Fallgeschwindigkeit sehr exakt bestimmen kann. Aus Keimsprossen werden zarte Lamellen herausgeschnitten, die einerseits dünn genug sind, um unter dem Mikroskop betrachtet werden zu können, anderseits aber völlig intakte Partien der Stärkescheide enthalten müssen. Das Präparat wird aufrecht am drehbaren Objekttisch eines horizontal gelegten Mikroskopes befestigt. Bei einer Drehung des Tisches um 180 ° sieht man dann die Stärkekörner durch die Zelle zur gegenüberliegenden Wand herabsinken. Die Bewegung beginnt erst nach 15—30 Minuten, da sich das Plasma infolge des Wundschocks anfänglich in einem Starrezustand befindet. *G.* und *F. Weber* beobachteten nun, daß die Fallgeschwindigkeit größer wird, wenn man die herausgeschnittenen Lamellen erst durch Horizontallegen geotropisch reizt oder wenn man durch gleichmäßige Rotation um eine horizontale Achse eine allseitige Reizung herbeiführt. Dasselbe läßt sich durch Schütteln der Präparate erreichen, also durch die „lebendige Kraft von Stößen". Das raschere Herabsinken der Stärkekörner verrät uns eine Abnahme der Plasmazähigkeit in den betreffenden Zellen, weshalb die Verfasser von einer „geoviskosischen" Reaktion sprechen. Da nun nach *Weber* bei dauernd in geotroper Reizlage befindlichen Organen die Plasmazähigkeit an entgegengesetzten Seiten sich

[1]) *G.* und *F. Weber*, Wirkung der Schwerkraft auf die Plasmaviskosität, Jahrb. f. wiss. Botanik Bd. *57*, 1917.

[1]) *A. L. Heilbronn*, Über Plasmaströmungen und deren Beziehung zur Bewegung umlagerungsfähiger Stärke, Ber. d. Deutsch. Botan. Ges. Bd. *30*, 1912.
Derselbe, Zustand des Plasmas und Reizbarkeit, Jahrb. f. wiss. Botanik Bd. *54*, 1914.

ungleich verändert, nämlich unterseits stärker abnimmt als oberseits, so vermuten die Verfasser einen kausalen Zusammenhang dieser Erscheinung mit der geotropen Reaktion, und sie betrachten sie geradezu als ein frühes Glied der geotropischen Reizkette. Da die Viskositätsveränderung vor der Umlagerung der Stärke eintritt, folgern sie weiter, daß letztere belanglos sei, und daß, ähnlich wie dies *Linsbauer* angenommen hat, das Plasma selbst ohne Druckvermittler den Schwerereiz perzipiere. Die Richtigkeit der Weberschen Befunde vorausgesetzt, muß vor allem gegen diese Schlußfolgerung Einspruch erhoben werden. Wenn es auch nicht wahrscheinlich ist, daß bei der Umdrehung einer Zelle die Stärkekörner auf das Plasma, dem sie anhaften, einen nennenswerten Zug ausüben, so tritt in dem Momente der Umdrehung doch eine Entlastung der bis dahin von den Körnern gedrückten Wände ein. Das könnte allein schon genügen, um eine Viskositätsänderung herbeizuführen, und diese wäre dann nicht mehr primäre, sondern sekundäre Reaktion. Nun hat aber *C. Zollikofer* in einer gründlichen Nachuntersuchung[1]) gezeigt, daß es vorläufig überhaupt nicht angeht, aus den Weberschen Befunden weitergehende Schlüsse zu ziehen, da sie die von den Verfassern beobachtete Zunahme der Fallgeschwindigkeit bei geotropischer Reizung nicht bestätigen konnte. Die individuellen Unterschiede der Fallzeiten in den einzelnen Zellen sind nämlich so groß, daß sie exakte Vergleiche über das Verhalten gereizter und ungereizter Lamellen ausschließen.

Zum Schlusse sei noch einer neueren Versuchsmethode gedacht, welche sich gut zur Prüfung der Statolithentheorie verwenden läßt; es ist dies der Piccardsche Rotationsversuch[1]). *Darwin*[2]) hat auf Grund einfacher Versuche die erst viel umstrittene Behauptung aufgestellt, daß in der Wurzel nur die äußerste Spitze den Schwerereiz empfinde. In ähnlicher Weise sollte nach Studien *Rotherts*[3]) die Spitze der Keimblattscheiden der Gräser den geotropischen Reiz in viel höherem Maße empfinden als die basalen Teile dieses Organs. In beiderlei Spitzen findet sich nun, worauf zuerst *Nemec* hingewiesen hat, bewegliche Stärke in großer Menge. So mußte ein exakter Beweis dafür, daß in diesen beiden Fällen lokalisierte geotrope Spitzenempfindlichkeit vorliegt, ein wichtiges Argument für die Statolithentheorie abgeben. Die von *Piccard* zur Lösung der Frage ersonnene Methode beruht auf dem Gedanken, Basis und Spitze der Wurzel gleichzeitig in entgegengesetztem Sinn durch Fliehkraft zu reizen. Dies gelingt, wenn man

Fig. 3. Rotationsapparat für antagonistische Reizung durch Fliehkräfte. Etwa 1/3 natürl. Größe. Nach *v. Guttenberg*.

[1]) *C. Zollikofer*, Über die Wirkung der Schwerkraft auf die Plasmaviskosität. Beiträge zur allgemeinen Botanik Bd. *1*, 1918.

[1]) *A. Piccard*, Neue Versuche über die geotrop. Sensibilität der Wurzelspitze, Jahrb. f. wiss. Botanik Bd. *40*, 1904.

[2]) *Ch.* und *F. Darwin*, Das Bewegungsvermögen der Pflanzen, Stuttgart 1881.

[3]) *W. Rothert*, Über Heliotropismus. Cohns Beiträge zur Biologie der Pflanzen Bd. 7, 1896.

eine Wurzel so an einer horizontalen sich rasch drehenden Achse befestigt, daß die Spitze und der restliche Wurzelkörper sich auf entgegengesetzten Seiten der Rotationsachse befinden. Soll es dabei zu einer Krümmung kommen, so ist überdies notwendig, daß das ganze Organ schräg zur rotierenden Achse orientiert wird, wie es Fig. 3 zeigt. Diese stellt einen von mir entworfenen verbesserten Piccardschen Rotationsapparat dar, Versuchsobjekt ist eine Keimblattscheide (Koleoptile) des Hafers.

Mit Hilfe der eben geschilderten Methode zeigte *Haberlandt*[1]), daß die Wurzelspitze den geotropen Reiz zwar nicht ausschließlich aber doch vorwiegend empfinde. Ragen z. B. bei einer Bohnenwurzel die äußersten 1,5—2 mm der Spitze über die Achse, so erfolgt eine Krümmung der Wurzel von der Achse weg, also in der Richtung der auf die Spitze einwirkenden Fliehkraft, obwohl die Wachstumszone, in der die Krümmung vorwiegend ausgeführt wird, auf der entgegengesetzten Seite liegt, also im entgegengesetzten Sinn gereizt wird. Ragt hingegen nur 1 mm der Spitze vor, so erfolgt umgekehrt eine Krümmung zur Achse, also im Sinne des basalen Wurzelkörpers. Das beweist, daß auch diesem eine gewisse Empfindlichkeit zukommt, die aber viel geringer ist als die der Spitze, was besonders klar wird, wenn man daran denkt, daß der Wurzelkörper sich viel weiter von der Rotationsachse entfernt und somit wesentlich stärkeren Fliehkräften ausgesetzt ist. Unmittelbar hinter der die bewegliche Stärke enthaltenden Wurzelhaube liegt die Vegetationsspitze der Wurzel, das Transversalmeristem, das das Zellmaterial zum Aufbau der Wurzel bildet. Da diese Zone in *Haberlandts* Versuchen sich stets auf der Seite befindet, welche für die Krümmungsrichtung den Ausschlag gibt, kam *Jost*[2]) auf den Gedanken, daß der Sitz der Empfindlichkeit in diesem Meristem liegen könne. Die nunmehr zu schildernden Versuche über das Verhalten von Graskoleoptilen bei der Rotation nach *Piccards* Methode sprechen aber ganz gegen diese Auffassung. Ich habe solche Versuche selbst[3]) mit verschiedenen Graskeimlingen ausgeführt, wobei sich ergab, daß an einer weitaus höheren geotropischen Empfindlichkeit der Spitze gegenüber der Basis gar nicht zu zweifeln ist. Beim Hafer z. B. gaben die äußersten 3 mm der Spitze für die Krümmung den Ausschlag, obwohl die ganzen Koleoptilen in diesen Versuchen 20—30 mm lang waren, somit die basalen Teile bei der Rotation wesentlich höheren Fliehkräften ausgesetzt waren. Hier fehlt aber ein Transversalmeristem vollkommen, und man wird daher geneigt sein, zur Erklärung des analogen Verhaltens der Wurzel- und Koleoptilenspitzen das in beiden Fällen Gemeinsame, nämlich das Auftreten beweglicher Stärke, heranzuziehen.

Überblicken wir schließlich die für und wider die Theorie in den letzten Jahren vorgebrachten Befunde und Erwägungen, so können wir sagen: in den zahlreichen Arbeiten, die sich mit dem geotropen Verhalten der Pflanzen beschäftigen, ist nichts enthalten, was mit der Theorie unvereinbar wäre; die örtliche und zeitliche Übereinstimmung zwischen dem Vorhandensein bzw. Auftreten von geotroper Reizbarkeit und beweglicher Stärke ist eine sehr weitgehende, so daß man kaum geneigt sein wird, sie als eine bloß „zufällige" zu betrachten. Manche Versuchsresultate wie die *Buders* und *Richters* sind ohne die Theorie überhaupt nicht erklärlich. Kann man da wirklich noch von einer unbewiesenen „geistreichen Hypothese" sprechen, wie es auch heute noch von mancher gegnerischen Seite geschieht? Bei aller gebotenen Skepsis scheint mir dies zu weit gegangen.

Die Theorie ist heute besser fundiert denn je — mehr als eine „Theorie" will sie ja selbst nicht sein — und man wird sich ihr beruhigt anschließen dürfen, solange sie mit der weiteren Forschung übereinstimmt und solange keine bessere an ihre Stelle gesetzt wird.

[1]) *G. Haberlandt*, Über die Verteilung der geotropischen Sensibilität in der Wurzel, Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. *45*, 1908.

[2]) *L. Jost*, Studien über Geotropismus, I. Die Verteilung der geotropischen Sensibilität in der Wurzelspitze. Jahrb. f. wiss. Botanik Bd. *50*, 1912.

[3]) *H. v. Guttenberg*, Über die Verteilung der geotropischen Empfindlichkeit in der Koleoptile der Gramineen. Jahrb. f. wiss. Botanik Bd. *50*, 1912.

Die organische Elementarsynthese in der Technik.

Von Erich Baum, Solln b. München.

Im Jahre 1828 stellte *Wöhler* durch Eindampfen einer Lösung von cyansaurem Ammon Harnstoff dar; damit war zum erstenmal ein Körper, dessen Bildung bisher nur als Ergebnis ihrem Wesen nach unbekannter komplizierter biologischer Vorgänge möglich schien, aus einfachen anorganischen Grundstoffen — durch Elementarsynthese — dargestellt[1]). 1843 gelang *Kolbe* die Elementarsynthese der Trichloressigsäure, deren Überführbarkeit in Essigsäure schon bekannt war.

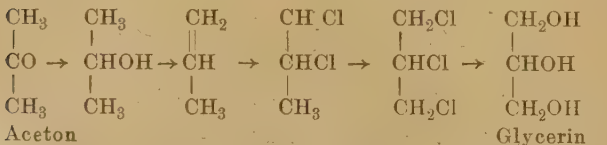
Die synthetische organische Industrie entwickelte sich etwa vom Jahre 1860 an und schuf in wenigen Jahrzehnten eine fast unübersehbare Fülle neuer Körper, Farben, Heilmittel, Riechstoffe. Keines ihrer Produkte aber verdankte zu jener Zeit seine Entstehung der Elementarsyn-

[1]) Im allgemeinen gilt die Synthese des Harnstoffs als erste Elementarsynthese. Doch hatte *Wöhler* bereits im Jahre 1818 Oxalsäure aus Cyan dargestellt, also ein Produkt, das bisher nur in der Pflanzenwelt aufgefunden worden war, und damit die Aufgabe der Elementarsynthese gelöst, ohne aber hiermit das gleiche Aufsehen wie 10 Jahre später mit der Synthese des Harnstoffs zu erregen. (*Meyer-Jacobson*, Lehrbuch der organischen Chemie 1913, 1. Band, 2. Teil, 307).

these; Ausgangsmaterial waren die verschiedenen Bestandteile des Steinkohlenteers, in letzter Linie Erzeugnisse biologischer Vorgänge, die sich in Urzeiten in der Pflanzenwelt des Carbons abgespielt hatten. Aus diesen Ausgangsstoffen schuf die Synthese der Technik unter andern Farbstoffe, wie sie die Natur in der Krapp- und Indigopflanze erzeugt oder die Aromastoffe der Vanilleschote und des Waldmeisters. Die Elementarsynthese aber hatte an diesen Triumphen keinen Anteil; sie hatte technische Bedeutung nicht erlangt, so groß auch die Umwälzungen auf dem Gebiete wissenschaftlicher Anschauungen waren, die ihre Schöpfungen seinerzeit bewirkt hatten.

Warum arbeitete die Technik nicht mit Elementarsynthesen?

Die bekannten Synthesen dieser Art folgten rein wissenschaftlichen Gesichtspunkten, um ihr Ziel, den Aufbau aus den Urstoffen, zu erreichen, ohne Rücksicht auf die Forderungen der Technik nach Wohlfeilheit und quantitativem Verlauf. Allenfalls hätte die Synthese des Harnstoffs durch *Wöhler* auch technischen Ansprüchen genügen können, wenn eben überhaupt ein praktisches Bedürfnis für die künstliche Erzeugung dieses Körpers bestanden hätte. Eine Darstellung der technisch so wichtigen Essigsäure durch Elementarsynthese, etwa nach der Methode von *Kolbe*, wäre dagegen ganz ausgeschlossen. *Kolbe* erhielt nämlich durch Einwirkung von Chlor im Sonnenlicht auf unter Wasser befindlichen Tetrachlorkohlenstoff (aus Schwefelkohlenstoff, der sich seinerseits aus den Elementen erzeugen läßt, dargestellt) neben Perchloräthylen eine wässerige Lösung von Trichloressigsäure, von der, wie schon oben erwähnt, die Überführbarkeit durch Kaliumamalgam in Essigsäure bekannt war. Noch weniger wäre eine technische Synthese des Glycerins nach der im Jahre 1872 von *Friedel* und *Silva* angegebenen Methode möglich, da sie wieder die Synthese der Essigsäure voraussetzt. Das durch Destillation aus essigsaurem Kalk erhältliche Aceton wird zu Isopropylalkohol reduziert, durch Wasserabspaltung in Propylen überführt, mit Chlor zu Propylenchlorid vereinigt, weiter mit Chlorjod in Trichlorpropan überführt und endlich durch Erhitzen mit Wasser in Glycerin verwandelt.



Von der Essigsäure aus sind also noch 5 Zwischenstufen zu durchlaufen, wobei einzelne Reaktionen zum Teil nur ganz geringe Ausbeuten liefern. Häufig war bei derartigen Elementarsynthesen das Endprodukt gar nicht in erheblicher Menge zu isolieren, sondern nur durch empfindliche Reaktionen charakterisierbar.

Für die Wissenschaft handelte es sich damals um den theoretisch wichtigen Nachweis, daß der synthetische Aufbau eines komplizierten Körpers aus den Elementen möglich sei, in späteren Zeiten und der Gegenwart um die Bestätigung der durch Abbau gewonnenen Vorstellungen über seine Konstitution, nicht aber um die wirtschaftliche, gewinnbringende Durchführung einer solchen Synthese. Diese Aufgabe zu lösen war der Laboratoriumsarbeit der Technik vorbehalten, ohne daß aber dieser Erfolg die gleiche Sensation bedeutet hätte wie seinerzeit die ersten wissenschaftlichen Elementarsynthesen.

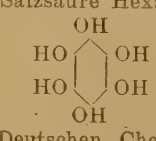
Daß dies so sein mußte, daß dieser Fortschritt sich an Bedeutung nicht mit den ersten wissenschaftlichen Elementarsynthesen messen kann, liegt trotz ihrer ungeheuren wirtschaftlichen Bedeutung auf der Hand. Die wissenschaftliche Elementarsynthese war ein Vordringen in Neuland; sie zeigte, daß wir auf künstlichem Wege Stoffe schaffen können, für deren Hervorbringung bisher das Wirken der „Lebenskraft" notwendig schien. Dagegen war das Gelingen der technischen Elementarsynthese ein rein wirtschaftlicher Fortschritt; ihre Methoden waren in vielen Fällen nicht einmal besonders originell, scheinbar „geringe" Verbesserungen schon bekannter Bildungsmethoden. Wir werden deshalb im folgenden häufig genötigt sein, auf Einzelheiten des chemisch-technischen Arbeitens einzugehen, um die Ergebnisse der technischen Elementarsynthese zu würdigen.

Wie im allgemeinen die wissenschaftliche Elementarsynthese hat auch die technische unmittelbar nur den Zugang zu Verbindungen mit ein oder zwei[1]) Kohlenstoffatomen eröffnet.

Zur Methanreihe führt der Weg über das Kohlenoxyd, das als Verbrennungsprodukt der Kohle technisch leicht zugänglich ist.

So ist die erste technische Elementarsynthese diejenige der *Ameisensäure*. Bereits 1835 hatte *Berthelot*[2]) gezeigt, daß Kohlenoxyd, wenn man es mit angefeuchtetem Ätzkali mehrere Tage auf 100 ° erhitzt, ameisensaures Kali bildet (wissenschaftliche Elementarsynthese der Ameisensäure). Spätere Untersuchungen haben gezeigt, daß der Vorgang bei höherer Temperatur erheblich rascher verläuft[3]), wobei aber Schwierigkeiten dadurch entstehen, daß die günstigste Temperatur für die Bildung des ameisensauren Salzes

[1]) *Moissan* ist es gelungen, aus einigen Carbiden, insbesondere dem des Urans, unmittelbar höhere Paraffinkohlenwasserstoffe zu erhalten; weiter wäre hier das durch Einwirkung von Kohlenoxyd auf geschmolzenes Kalium entstehende Kohlenoxydkalium zu nennen, aus dem mit Salzsäure Hexaoxybenzol:



entsteht (Ber. d. Deutschen Chem. Gesellschaft 1885 S. 510).

[2]) Ann. Chem. Pharm. 119 S. 251.

[3]) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. 1880 (13) Seite 23.

der Zersetzungstemperatur nahe benachbart ist[1]). Die Behebung dieser Schwierigkeit und damit die *erste technische Elementarsynthese* gelang 1896 *M. Goldschmidt*[1]), indem er die Reaktionsgeschwindigkeit durch Druckerhöhung vergrößerte, wodurch dann die Bildung des ameisensauren Salzes auch bei einer weit unter der Zersetzungsgrenze liegenden Temperatur in wenigen Stunden fast quantitativ erfolgt. Praktisch läßt man gereinigtes aus Koks dargestelltes Generatorgas unter 8 Atm. Druck in einem Rührkessel auf fein gemahlenes Ätznatron bei 120 ° einwirken.

Das gebildete ameisensaure Natron kann nach *A. Hempel* weiterhin durch Erhitzen im luftverdünnten Raum auf 300 °[2]) (in Kesseln, in deren Wandung in einem Röhrensystem heißes Wasser unter Druck zirkuliert, „Frederking-Apparate") unter Wasserstoffentwicklung quantitativ in Oxalat überführt werden — das technisch vorteilhafteste Verfahren zur Darstellung von *Oxalsäure:*

$$2\,HCOOH = \begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + 2\,H$$

Weitere Synthesen aus Kohlenoxyd scheinen das Stadium des Laboratoriumsversuches kaum überschritten zu haben, so die Reduktion zu Methan[3]) mittels Wasserstoff oder zu Formaldehyd oder Methylalkohol[4]). Auch die Darstellung von Formaldehyd aus Ameisensäure bzw. deren Salzen[5]) wird noch nicht technisch ausgeführt.

Methan entsteht übrigens auch bei der Zersetzung von Aluminiumcarbid durch Wasser[6]), eine Darstellungsweise, die vorläufig nur für das Laboratorium Bedeutung hat.

Wohl die wichtigste Synthese der Methanreihe ist die Darstellung von *Harnstoff* aus Kohlensäure und Ammoniak durch die Badische Anilin- und Sodafabrik[7]), gewissermaßen ein jüngster, technisch reifer Sproß der alten Harnstoffsynthese *Wöhlers.* Die Synthese des Harnstoffs besitzt aber heute eine andere technische Bedeutung als zu *Wöhlers* Zeiten. Der Körper scheint vielleicht bestimmt, das Düngemittel der Zukunft zu werden[8]); im Futter der Wiederkäuer vermag er das Eiweiß völlig zu ersetzen[9]).

Über dies Verfahren der Harnstoffsynthese hat C. *Bosch*[10]) einiges mitgeteilt. Die Reaktion $CO_2 + 2\,NH_3 = CO(NH_2)_2 + H_2O$ wird durch die Gegenwart von Wasser katalytisch beschleunigt. Man arbeitet unter Druck bei 130—140 °; Schwierigkeiten hat die Materialfrage, da für die Herstellung der Druckapparatur nur Blei und Silber in Frage kommen.

Ungleich zahlreicher sind die technischen Elementarsynthesen der Äthanreihe. Der Zugang führt hier über das Acetylen bzw. das aus Kalk und Kohle dargestellte Calciumcarbid. Seit die Darstellung des Calciumcarbids im elektrischen Ofen durch *Wilson* und fast gleichzeitig durch *Moissan* (1892) dessen technische Herstellung ermöglichte — etwa vom Jahre 1895 an —, war das früher im Laboratorium nur auf umständliche Weise darstellbare Acetylen ein wohlfeiler, leicht zugänglicher Körper geworden.

Zunächst kam seine Verwendung nur für Beleuchtungszwecke in Frage. Die Überschätzung des Bedarfs führte zu einer Überproduktion an Carbid und damit zu zeitweisen Krisen in der Carbidindustrie, die das Aufsuchen neuer Verwendungen für Acetylen veranlaßten.

Die erste Anwendung des Acetylens für synthetische Zwecke schuf zugleich eine neue Verwertungsmöglichkeit für ein anderes Produkt der chemischen Großindustrie, das aus der Chloralkalielektrolyse stammende Chlor.

Acetylentetrachlorid oder Tetrachloräthan ($C_2H_2Cl_4$) wurde zum ersten Male 1869 von *Berthelot* und *Jungfleisch* dargestellt[1]). Sie fanden, daß sich Antimonpentachlorid mit Acetylen zu einer Doppelverbindung $SbCl_5C_2H_2$ vereinigt, welche mit Antimonpentachlorid erhitzt, sich in Acetylentetrachlorid und Antimonchlorür umwandelt nach der Gleichung:

$$SbCl_5C_2H_2 + SbCl_5 = C_2H_2Cl_4 + 2SbCl_3.$$

Die direkte Vereinigung von Acetylen und Chlor zu Acetylentetrachlorid gelang zunächst nicht, da beim Zusammenbringen beider Gase Explosionen auftreten, für deren Vermeidung die technischen Bedingungen nicht bekannt waren[2]).

Erst 1898 erhielt *Mouneyrat* durch Einleiten von Acetylen und Chlor in erhitztes mit Aluminiumchlorid versetztes Äthylenchlorid Acetylentetrachlorid[3]), das aber durch weiterschreitende Chlorierung auch zum Teil in Hexachloräthan (C_2Cl_6) übergeht. Ein technisches Verfahren war auf dieser Bildungsweise nicht aufzubauen.

Die technische Lösung des Problems gelang zuerst dem Consortium für elektrochemische Industrie[4]) im Jahre 1903. Bei diesem Verfahren wird Acetylen und Chlor abwechselnd oder gleichzeitig, aber an verschiedenen Stellen, in Antimonpentachlorid bzw. eine Lösung dieses Körpers in Acetylentetrachlorid eingeleitet, wobei mit guter Ausbeute die Vereinigung der beiden Gase zu *Acetylentetrachlorid* stattfindet. Als Zwischenprodukt bildet sich die von *Berthelot* bereits beschriebene Doppelverbindung, welche mit Chlor

[1]) D.R.P. 86 419.
[2]) Elektrochemische Werke Bitterfeld 1906 D.R.P. 204 895.
[3]) Z. B. 1905 D.R.P. 191 026. 1914, Badische Anilin- und Sodafabrik D.R.P. 303 718.
[4]) Z. B. *Dreyfus* 1916, Engl. P. 108 855.
[5]) *M. Goldschmidt* 1906 D.R.P. 183 856, *K. A. Hofmann*, Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. 1918, S. 1398.
[6]) *Bulletin* de la Société Chimique de France (3) *11*, 1012.
[7]) 1914 Badische Anilin- und Sodafabrik, Patentanm. 77 103 Kl. 12o.
[8]) Pflügers Archiv der Physiol. *172*, 466—496.
[9]) Chem. Zeit. 1919, 796.
[10]) Zeitschr. f. Elektrochemie 1918, 368.

[1]) Liebigs Annalen Suppl. 7, 252.
[2]) Liebigs Annalen *233*, 183.
[3]) Bullet. de la Soc. Chim. (3) *19*, 447, 452, 454.
[4]) D.R.P. 154 657.

unter Bildung von Acetylentetrachlorid und Rückbildung von Antimonpentachlorid reagiert, das wieder von neuem mit Acetylen in Reaktion tritt. Es wird also das Antimonpentachlorid bei der Reaktion nicht verbraucht, sondern wirkt als Katalysator, und es liegt hier der immerhin seltene Fall vor, daß der Mechanismus einer Katalyse völlig klar ist[1]).

Auf die Darstellung von Acetylentetrachlorid wurden weiter eine Reihe Patente von verschiedenen Seiten genommen[2]). Hervorgehoben sei das Verfahren des Salzbergwerks Neustaßfurth (D.R.P. 174 068), das als Katalysator statt Antimonpentachlorid Schwefelchlorür und Eisenverbindungen verwendet.

Acetylentetrachlorid besitzt ein hohes Lösungsvermögen für organische Stoffe aller Art; auch geschmolzener Schwefel ist oberhalb 120 ° damit in jedem Verhältnis mischbar, während die gesättigte Lösung bei gewöhnlicher Temperatur nur 1 % enthält, für die Extraktion und das Umkristallisieren von Schwefel besonders günstige Bedingungen. Der Körper ist ebenso wenig brennbar wie die anderen weiterhin zu besprechenden Acetylenchlorderivate, was natürlich einen erheblichen Vorzug dieser Gruppe gegenüber den bisher bekannten Lösungsmitteln — mit Ausnahme des Tetrachlorkohlenstoffs — bedeutet. Für Extraktionszwecke hat sich Acetylentetrachlorid, da es wie Tetrachlorkohlenstoff im feuchten Zustande Eisen angreift und deshalb die Verwendung verbleiter Apparate nötig macht, wenig eingebürgert. Im Anfang des Krieges wurde es vielfach als Lösungsmittel für Cellulose-Acetate zur Herstellung von Flugzeuglacken angewandt, bis sich seine stark toxischen Eigenschaften[3]) herausstellten. Es dient heute hauptsächlich als Zwischenprodukt für die Herstellung der anderen Acetylen-Chlorderivate, insbesondere des technisch ungleich wichtigeren Trichloräthylens.

Trichloräthylen, das zuerst von *Berthelot* und *Jungfleisch* durch Erhitzen von Acetylentetrachlorid auf 300 ° unter Salzsäureabspaltung erhalten wurde[4]), wird nach dem Verfahren des Consortiums für elektrochemische Industrie[5]) durch Kochen von Acetylentetrachlorid mit wässerigen alkalisch wirkenden Lösungen oder Emulsion, vorzugsweise Kalk gewonnen[6]). Trichloräthylen hat vor Acetylentetrachlorid und Tetrachlorkohlenstoff den technisch wichtigen Vorzug, Metalle (auch bei Gegenwart von Wasser) nicht anzugreifen. Seine narkotischen und toxischen Eigenschaften sind nicht stärker, sondern eher geringer als die des Tetrachlorkohlenstoffs.

Durch diese Eigenschaften in Verbindung mit dem günstig liegenden Siedepunkt (85 °) und seiner Nichtbrennbarkeit hat sich „Tri" — wie es in der Technik heißt — zum Extraktionsmittel κατ' ἐξοχήν entwickelt. Zu seiner Verbreitung hat die schwierige Beschaffung anderer Lösungsmittel während des Krieges viel beigetragen.

Trichloräthylen ist seinerseits Ausgangsmaterial für weitere Synthesen geworden. Es bildet, mit Ätznatron, Kalk und Alkohol erhitzt — ein solches Gemisch reagiert unter den Versuchsbedingungen wie Natriumalkoholat —, Dichlorvinyläther, der mit Wasser erhitzt, unter Salzsäureabspaltung in Chloressigester übergeht[1]).

$$C_2HCl_3 + NaOC_2H_5 \quad NaCl + C_2HCl_2OC_2H_5$$
$$C_2HCl_2OC_2H_5 + H_2O \quad HCl + CH_2ClCOOC_2H_5.$$

Chloressigester gibt mit Anilin — wegen Verwendung dieses Steinkohlenteer-Abkömmlings gehört diese Stufe des Verfahrens, streng genommen, nicht mehr unter die Elementarsynthesen — Phenylglycinester. Der Ester wird zu Phenylglycinkalium verseift[2]), das sich in bekannter Weise durch Alkalischmelze in Indoxyl überführen läßt. Wenn man, was freilich der Preisverhältnisse wegen technisch nicht möglich ist, auch das zur Herstellung des Anilins nötige Benzol aus Acetylen synthetisch darstellte[3]), würde eine totale Elementarsynthese des Indigofarbstoffs vorliegen. Die Herstellung von Indigo auf diesem Wege — natürlich unter Verwendung von Anilin aus Steinkohlenteer — in der Großindustrie ist bisher nicht erfolgt, sie scheint aber nicht ausgeschlossen[4]).

Dichloräthylen, von *Berthelot* durch Erhitzen der oben erwähnten Acetylenantimonchlorid-Doppelverbindung dargestellt, wird technisch aus Acetylentetrachlorid durch Erhitzen mit Zink, Eisen oder Aluminium in fein verteilter Form bei gleichzeitiger Anwesenheit von Wasser hergestellt[5]). Seines niedrigen Siedepunktes wegen (52 °) eignet es sich als nicht feuergefährlicher Ersatz für Äther und andere niedrig siedende brennbare Lösungsmittel.

Pentachloräthan entsteht durch Chlorieren des Trichloräthylens[6]); *Perchloräthylen* durch Behandeln von Pentachloräthan mit Kalk[6]); es ist wie Di- und Trichloräthylen indifferent gegen Metalle.

---

[1]) *J. H. Vogel,* Das Acetylen, 1911.

[2]) 1904 Salzbergwerk Neustaßfurth D.R.P. 174 068; 1905 *H. K. Tompkins* D.R.P. 196 324; 1905 *Lidholm* D.R.P. 201 705; 1906 Chem. Fabrik Griesheim-Elektron D.R.P. 204 883.

[3]) *Koelsch,* Ztschr. f. angew. Chem. *33,* 3. –

[4]) Comptes rendus 69 542.

[5]) 1905 D.R.P. 171 900, Zusatzpatent 208 854.

[6]) Vgl. ferner 1912, *Griesheim* D.R.P. 263 457, Chem. Fabrik Buckau, D.R.P. 274 782.

[1]) Chemiker-Zeitung 1918, 129.

[2]) *Imbert* u. Cons. f. elektrochem. Ind. D.R.P. 216 940, 209 268, 194 884.

[3]) *Haber,* Experimentaluntersuchungen über Zersetzung und Verbrennung von Kohlenwasserstoffen (München 1896).

[4]) Während des Krieges ist möglicherweise in England wegen Mangels an Essigsäure dieser Weg beschritten worden, worauf einige Veröffentlichungen in englischen Fachblättern hinzudeuten scheinen.

[5]) 1907 Consort. f. elektrochem. Ind. D.R.P. 216 070, Zusatzpatent 217 554.

[6]) J. H. Vogel, Das Acetylen, 1911, 228.

Hexachloräthan wird nach einer bereits von *Faraday* ausgeführten Reaktion durch Chlorieren von Perchloräthylen technisch dargestellt[1]). Es ist ein fester, weißer, kampferähnlich riechender Körper, der wegen dieser Eigenschaft beschränkte Verwendung als Kampferersatz findet. Wir schließen unsere Betrachtung der Acetylenchlorsynthesen mit einer Übersicht der Reaktionen, nach denen Acetylentetrachlorid und seine fünf Abkömmlinge dargestellt werden unter Beifügung der Siedepunkte:

		Siedep.
1. $C_2H_2 + 2\,Cl_2 = C_2H_2Cl_4$	Acetylentetrachlorid	144°
2. $2\,C_2H_2Cl_4 + Ca(OH)_2 = 2\,C_2HCl_3 + CaCl_2 + 2\,H_2O$	Trichloräthylen	85°
3. $C_2HCl_3 + Cl_2 = C_2HCl_5$	Pentachloräthan	159°
4. $2\,C_2HCl_5 + Ca(OH)_2 = 2\,C_2Cl_4 + CaCl_2 + 2\,H_2O$	Perchloräthylen	119°
5. $C_2Cl_4 + Cl_2 = C_2Cl_6$	Hexachloräthan	fes
6. $C_2H_2Cl_4 + Zn = C_2H_2Cl_2 + ZnCl_2$	Dichloräthylen	ca. 52°

Etwa gleichzeitig entwickelte sich eine andere Verwertung des Calciumcarbids, seine Überführung in Kalkstickstoff. Die Bedeutung des Kalkstickstoffs liegt wesentlich in der Bindung des Luftstickstoffs zum Zwecke der Gewinnung eines direkt oder nach der Überführung in Ammonsalze als Düngemittel verwertbaren Produktes. Da er für weitere Synthesen nur in sehr beschränktem Umfang Verwendung gefunden hat, soll die Geschichte seiner Darstellung hier nur kurz besprochen werden.

Daß sich Calciumcarbid bei hoher Temperatur (Dunkelrotglut bis Weißglut) mit Stickstoff vereinigt, wurde 1895 von *Frank* und *Caro* entdeckt[2]); sie hielten die erhaltenen Verbindungen zunächst für Cyanid, bis 1897 *F. Rothe* sie als Cyanamid erkannte[3]). Durch Zusatz von Chlorcalcium gelang es *Polzenius*, die Temperatur der „Azotierung" um 400—500° zu erniedrigen[4]).

Durch Behandlung mit Wasser und Kohlensäure geht Kalkstickstoff in freies Cyanamid und dieses durch Anlagerung von Wasser in Harnstoff über:

$$CaCN_2 + H_2O + CO_2 = CaCO_3 + CNNH_2$$
$$CN\,NH_2 + H_2O = NH_2 \cdot CO \cdot NH_2$$

Die Überführung in Harnstoff erfolgt in schwefelsaurer Lösung bei Gegenwart von Katalysatoren wie Mangansuperoxyd oder Zinnsäure[5]).

Wie weit dieses Verfahren der Darstellung von Harnstoff mit dem früher erwähnten der Badischen Anilin- und Sodafabrik aus Kohlensäure und Ammoniak zu konkurrieren vermag, hängt wohl in der Hauptsache von der allgemeineren Frage ab, wie sich der Wettbewerb des Kalkstickstoffverfahrens mit dem Haberschen Ammoniakverfahren gestalten wird.

Erhitzt man Cyanamidlösungen in alkalischer Lösung in Gegenwart von Cyanamidverbindungen der Schwermetalle, so erhält man quantitativ Dicyandiamid[1]), das beim Erhitzen mit verdünnten Säuren *Guanidin* abspaltet[2]), für das aber eine eigentliche technische Verwendung noch fehlt. Es ist zur Herstellung von Veronal vorgeschlagen worden[3]).

Damit ist die gegenwärtige Bedeutung des Kalkstickstoffs für synthetische Zwecke erschöpft.

(Fortsetzung folgt.)

[1]) L. c. 229.
[2]) D.R.P. 88 363.
[3]) *Ullmann*, Encyclopädie d. techn. Chemie 1916 III 206.
[4]) D.R.P. 163 320.
[5]) D.R.P. 257 827.

Zuschriften an die Herausgeber.

Zur Definition des Lebewesens auf Grund seiner thermodynamischen Eigenschaften.

E. Bauer behauptet (Heft 18 d. Js., S. 339, 2. Spalte, oben), daß die von ihm ausgesprochenen drei thermodynamischen Bedingungen notwendig und auch *hinreichend* seien für jedes Lebewesen. Daß sie notwendig sind, ist evident; daß sie hinreichend sind, ist unrichtig; denn es gelingt leicht, Systeme aufzufinden, die keine Lebewesen sind und doch genau den gleichen thermodynamischen Bedingungen genügen, wie sie Verfasser aufstellt.

Diese Bedingungen kommen nämlich allen Systemen zu, die fähig sind, sich auf Kosten zugeführter Energie ihrer Umgebung während einer bestimmten endlichen Zeit den Vorrat ihrer freien Energie zu erhalten oder zu vergrößern. Es sind dies also alle stationären Systeme, worunter die Lebewesen doch nur einen sehr kleinen Teil darstellen; auch gehören hierher gerade die im „dynamischen Gleichgewicht" befindlichen Systeme. (Wie im ausgesprochensten Gegensatz zum Verfasser die moderne Naturwissenschaft über den seit *Clausius* u. a. sehr gebräuchlichen Begriff dieser Art von Gleichgewicht denkt, kann z. B. bei *Nernst*, Theor. Chemie, VII. Aufl., S. 476 ff. und S. 615 ff. nachgesehen werden.)

Ein Beweis für meine Behauptung stützt sich nur auf die einfachsten thermodynamischen Begriffe und ist daher denkbar einfach:

a) Sind, wie bei allen natürlichen Prozessen, alle im betrachteten System verlaufenden Einzelvorgänge irreversibel, so könnte ohne Einwirkung von außen die Entropie des Systems nur zunehmen, die freie Energie nur abnehmen.

b) Soll also die freie Energie mindestens erhalten werden, so muß hierfür Energie der Umgebung beansprucht werden und der Aufbau des Systems muß ermöglichen, diese aufgenommene Energie in der Weise umzuwandeln, daß der Vorrat freier Energie nicht vermindert wird.

c) Diese Kriterien des betrachteten Systems enthalten genau die thermodynamischen Bedingungen des Verfassers:

1. Das System ist nicht im statischen Gleichgewicht (der Verfasser will nur diese Art von Gleichgewicht anerkennen, s. o.);

[1]) D.R.P. 257 769.
[2]) D.R.P. 267 380.
[3]) D.R.P. 158 592.

2. solange das System Energie der Umgebung aufnehmen kann, tritt statisches Gleichgewicht nicht ein;
3. die zugeführte Energie wird so umgewandelt, daß der Eintritt des statischen Gleichgewichts ständig verhindert wird.

Eine eindeutige Definition des Lebewesens ist mit den 3 Sätzen des Verfassers also in keiner Weise gewonnen; ja gerade die unbelebte Natur liefert uns bei richtiger Auswahl der Beispiele überreiche Beweise für Systeme, die durch Aufnahme von Energie dem Eintritt statischen Gleichgewichts entgegenwirken. Wenn vielleicht auch der Wasserfall kein geeignetes Beispiel ist, so gilt dies aber im höchsten Maße von dem Kreislauf des Wassers auf der Erdoberfläche, bei dem doch sicher stimmt, daß

1. ein statisches Gleichgewicht nicht existiert;
2. ständig Energie von außen verbraucht und
3. so umgewandelt wird, daß dem statischen Gleichgewicht entgegengewirkt wird.

Ein Wort erfordert noch das nächste Beispiel des Verfassers, die Kerze, deren energetische Betrachtung in der Anm. S. 339 durchaus unzutreffend ist. Die Energiezufuhr der Umgebung besteht hier in der Lieferung der überschüssigen *Sauerstoffmengen*, deren Verbindung mit den Kohlenwasserstoffen der Kerze die zur Fortsetzung des stationären Prozesses nötige Wärme als *chemische Verbindungswärme* liefert. Die „mechanische" Energie der Gasmoleküle kommt gegen diese Wärmeentwicklung gar nicht in Frage.

Fehlt Sauerstoff, so tritt „Gleichgewicht" ein, d. h. die Kerze erlischt; wäre die von der Umgebung gelieferte Energie: „Wärme- und mechanische Energie", wie loc. cit. zu lesen, so müßte die Flamme z. B. auch in heißem Stickstoff brennen. — Die Kerze ist übrigens ein Beispiel für ein System, das auch den Bedingungen des Verfassers genau entspricht, ebenso wie jede Maschine, deren Wesen es ja gerade ist, eine bestimmte Zeitlang bestimmte Arbeit zu leisten, und zwar natürlich mit Hilfe zugeführter äußerer Energie. Die Maschinen vermögen ja auch alle die vom Verfasser als für die „Spontaneität" des Lebendigen charakteristisch beschriebenen Leistungen auszuführen; es gibt Flugmaschinen, Tauchboote und — Öfen.

Die Anwendung thermodynamischer Betrachtungsweise in der Biologie ist sicher erwünscht, aber der Anspruch des Verfassers, rein thermodynamisch die Lebewesen mit seinen 3 Bedingungen hinreichend definiert zu haben, ist unhaltbar.

Würzburg, den 13. Mai 1920. *L. Ebert.*

Zu den Bemerkungen von L. Ebert über meinen Artikel in Heft 18 d. J.

Die Einwände, die *Ebert* gegen meine Definition erhebt, waren mir schon seit jeher recht bekannt, da es die Einwände sind, die bei der ersten Betrachtung meiner Definition jeder zu tun geneigt ist. Dagegen liegt die Sache doch nicht so einfach, und bei einer genaueren Betrachtung der Definition erblickt man bald, daß diese Einwände hinfällig werden. Die Definition fordert nämlich, daß dem System durch die *gegebene Umgebung* ständig Energie zugeführt werde und gleichzeitig, daß diese Energie bei der jeweilig *gegebenen Umgebung* gegen den Eintritt des Gleichgewichtszustandes wirkt. Das heißt also, die Flugmaschine, das Tauchboot und der Ofen müßten sich selbst ihr Heizmaterial besorgen, wenn es ausgeht; denn dann müssen sie laut Definition ihre von ihrer Umgebung zugeführten Energien eben bei dieser gegebenen Umgebung zu solchen Energiearten transformieren, die zur Vermeidung des Gleichgewichtszustandes führen. Dies tut aber weder die Flugmaschine, noch das Tauchboot, noch der Ofen. Der springende Punkt ist eben, daß die Definition implizite schon die 2 Prinzipien, die ich in meinem Artikel aussprach, enthalten (was *Ebert* gar nicht berücksichtigte) und aus diesen auch schon sämtliche von *Roux* geforderten Selbsttätigkeiten und Selbstregulationen sich ableiten lassen, wie ich dies in meiner Monographie zeigen werde.

Was den Kreislauf des Wassers betrifft, so ist dies auch ein beliebtes Beispiel, aber sämtliche Prozesse, die bei demselben stattfinden, geschehen bei der jeweilig gegebenen Umgebung in der Richtung des Gleichgewichtszustandes und nicht *gegen* diese. Z. B. fällt das Wasser durch die Abkühlung und die Schwere der Umgebung auf die Erde, nun müßte es z. B. die früher aus der Umgebung ihm zugeführte Energie der Sonne so transformieren, daß es nicht in Gleichgewicht am Erdboden kommt, es dürfte eben nicht herunterfallen usw.

Die Anführung dieser und ähnlicher vermeintlichen Gegenbeispiele beruht auch auf dem Übersehen des wesentlichsten Umstandes, daß ich in der Definition des Lebewesens nicht einen bestimmten Prozeß oder Zustand, sondern eine *Beziehung zur jeweiligen, gegebenen Umgebung* definiere.

Daher sind aus demselben Grunde wie bei den anderen Gegenbeispielen auch sämtliche Systeme im sogenannten „dynamischen Gleichgewicht" = „stationärer Zustand" als solche hinfällig; also auch das der Kerzenflamme, auch in der Darstellung *Eberts*, wobei ich natürlich bemerken muß, daß ich ausdrücklich nur die Flamme als ein System für sich betrachtete, die Kohlenwasserstoffe der Kerze, also der Umgebung, zugerechnet werden müssen. Dieser im übrigen unwesentliche Einwand trifft also gar nicht zu.

Was den Begriff des „dynamischen Gleichgewichts" betrifft, so habe ich mich nochmals in den Lehrbüchern von *Planck, Duhem, Mach, Chwolson* überzeugen können, daß derselbe in der Thermodynamik überhaupt nicht angewendet wird, oder nur in dem Sinne des stationären Zustandes, wie ich dies schon in meinem Artikel behauptete. Vom Nernstschen Buche stand mir leider nur die II. Auflage zur Verfügung, welches mich aber auch nicht des besseren überzeugte.

Auf Grund des obigen glaube ich also, daß die Einwände *Eberts* nicht geeignet sind, über den Wert meiner Definition und der daraus folgenden Prinzipien zu entscheiden, da sie eben an dem wesentlichen Inhalt derselben vorbeigehen. Vielmehr glaube ich, daß die Fruchtbarkeit derselben in der Biologie, wie ich sie in meiner Monographie zeigen werde, ihren Wert und Sinn genauer darlegen wird.

Göttingen, am 2. Juni 1920. *E. Bauer.*

Zur Kenntnis des grünen Strahls.

Zur Kenntnis des „grünen Strahls" (Nr. 24, S. 481), der übrigens auch von *Jules Verne* als Titel eines seiner zahlreichen Romane gewählt ist, möchte ich bemerken, daß ich 1900 und besonders oft 1909 in *Kolberg* wiederholt, d. h. *stets bei klarem Horizont*, den grünen Strahl (Farbton etwa 70—75 der *Ostwald*-Skala) beobachten konnte, mit vollster Deutlichkeit. Sowie das letzte rote Segmentstückchen der Sonne hinter der meist etwas unruhigen Wasserfläche verschwunden war, blitzte der grüne Strahl für einen Moment auf, dann war es zu Ende. Ich bin überzeugt, daß bei

klarem Horizont die Erscheinung — die auch auf großen Binnengewässern vorkommen soll — *stets* sichtbar ist. Sowie aber *Dunst* am Horizont war, wenn auch gar nicht stark, war nichts mehr von der Erscheinung zu beobachten.

Daß die alten Ägypter die *Sonne grün* dargestellt haben, wird damit kaum etwas zu tun haben. Bei den Babyloniern war grün die „Farbe" des Mondes, weil dessen Zu- und Abnehmen mit dem Wachsen und Vergehen der Pflanzen in Parallele gestellt wurde. Ähnliches dürfte bezgl. der Sonne für Ägypten anzunehmen sein, da hier die Sonne (Rê), in Babylon der Mond (Sin u. a.) Hauptgottheit war. Aber die Erscheinung des grünen Strahls selbst wird an der ägyptischen Küste sicher auch zu beobachten und wohl auch schon lange dort bekannt gewesen sein.

Potsdam, Geodät. Inst., 16. Juni 1920.

Otto Meißner.

Entgegnung.

Gegen den mir von Herrn *Kurt Stern* im Heft 26 der *Naturwissenschaften* gemachten Vorwurf, den Inhalt seines Artikels: Deszendenzprobleme im Lichte der Biologie und der Thermodynamik völlig unrichtig wiedergegeben zu haben, muß ich die entschiedenste Verwahrung einlegen. Ich habe die Gewohnheit, es mit der Wahrheit ernst zu nehmen. In meiner kurzen Zusammenfassung des Sternschen Gedankenganges entspricht jeder einzelne Satz — Satz nicht im grammatischen, sondern im logischen Sinne genommen — einem Satze *Sterns*, in meinem ganzen Artikel handelte es sich aber in der Hauptsache um den Nachweis, daß die von *Stern* angenommene Analogie zwischen den bestimmt gerichteten irreversibeln thermodynamischen und den bestimmt gerichteten, irreversibeln phylogenetischen Vorgängen tatsächlich nicht besteht. Will Herr *Kurt Stern* auch diese Analogie nicht aufgestellt haben?

Oberlößnitz-Dresden, den 25. Juni 1920.

H. Kranichfeld.

Besprechungen.

Schmiedeberg, Oswald, Über die Pharmaka in der Ilias und Odyssee. (Schriften der Wissenschaftlichen Gesellschaft in Straßburg, 36. Heft.) Straßburg, Karl J. Trübner, 1918, 29 Seiten.

Wie so mancher bekannte Gelehrte benützt auch der Altmeister und Begründer der experimentellen Pharmakologie die Mußestunden des Alters, um historischen Liebhabereien zu folgen.

In dem neuerdings erschienenen Aufsatz, der sich wie eine angenehme Plauderei liest und trotzdem die Frucht ernster, wissenschaftlicher Forschung ist, bespricht der Verfasser nach einer Einleitung über die Pharmaka im allgemeinen die bei der Wundbehandlung im Trojanischen Kriege verwendeten Arzneimittel und daran anschließend die drei sagenhaften Mittel Nepenthes, Moly und das Pfeilgift von Ephyre. Die Bezeichnung Pharmakon für Mittel, die der Zauberei und Heilkunde dienten, finden wir zum ersten Male bei *Homer*. Sie sind alle pflanzlichen Ursprungs. Wie es scheint, bezeichnete *Homer* mit Pharmakon das, was wir heute „Kraut" nennen. Es ist hier schon die Rede von der blonden Agamede, welche alle Pharmaka kannte, also eine Person, die wie unsere Kräuterfrauen die für heilsam gehaltenen Pflanzen zu unterscheiden wußte. Man nannte wohl Kräuter nur die Pflanzen, welche ähnlich wie die homerischen Pharmaka, nicht gewöhnlichen Zwecken dienten. Zum Unterschiede von der Bezeichnung Unkraut umfaßte der ursprüngliche Begriff beim Kraut auch dessen Nutzen. Der Begriff der homerischen Pharmaka hat sich bis in die neueste Zeit in wissenschaftlicher Richtung weiter entwickelt, später nannten die Griechen Zubereitungen und Stoffe aller Art und jeglichen Ursprungs, die als Heilmittel verwendet wurden, ebenso auch Gifte, kurzweg Pharmaka. Auch die Pharmakologie als Wissenschaft führt ihren Namen auf dieses homerische Wort zurück.

Schmiedeberg ist nicht der erste, der sich mit der sprachlichen und botanischen Erforschung der Pharmaka bei *Homer* beschäftigt hat. Seine Ausführungen gewinnen aber dadurch besonderen Wert, daß er auch vom pharmakologischen Standpunkt aus die Frage in Angriff nimmt. Die arzneilichen Mittel bei der Wundbehandlung waren keine Pflaster oder Flüssigkeiten, sondern sie wurden auf die Wunde gestreut, wie sich aus der eingehenden Beschreibung der Behandlung der Wunde des Eurypylos durch Patroklos ergibt. Letzterer führt den Verwundeten in das Zelt, schneidet den Pfeil aus dem Schenkel, wäscht das Blut mit warmem Wasser ab, und legt auf die Wunde eine bittere, mit den Fingern zerriebene, schmerzstillende Wurzel, worauf auch die Schmerzen gestillt wurden, die Wunde trocken wurde und die Blutung nachließ. Während der Wundhelfer den Verwundeten mit Reden erheitert, streut er ihm noch weiter schmerzstillende Pharmaka auf die Wunde.

In ähnlicher Weise wird die Behandlung des Menelaos beschrieben. Auch hier wird die bloßgelegte Wunde gereinigt, indem der Arzt das Blut absaugt und sachkundig auf sie lindernde Pharmaka streut. Ebenso streute Paieon auf die Wunde des Ares schmerzstillende Pharmaka. Nur bei der Göttin Aphrodite, die von Diomedes an der Hand verwundet wurde, heilte die Wunde lediglich durch Abwischen des Götterblutes. Vergleicht man das bei *Homer* beschriebene Verfahren bei der Wundbehandlung mit den von *Hippokrates* befolgten Grundsätzen, so ergibt sich das gleiche Schema bei frischen Wunden. Bei *Homer* ging der eigentlichen Behandlung eine in einer Reinigung und Kühlung der Wunde bestehende Vorbehandlung voraus, wobei zugleich eine Blutstillung herbeigeführt wurde. Ob das Absaugen mit den Lippen geschah oder ob das Blut mit den Händen herausgedrückt wurde, ist unsicher. In einem Falle wird das Blut mit warmem Wasser abgewaschen, im anderen Falle einfach abgewischt. *Homer* sieht die Entfernung des Blutes jedenfalls als eine nicht bloß bei der Wundbehandlung notwendige Reinigung an, denn er gebraucht das Wort Reinigen im Sinne von Abwaschen auch bei der Behandlung von Leichen. Bei *Hippokrates* wird auf die Reinigung der Wunde durch Abwischen oder Abtupfen großer Wert gelegt und die Nachteile nicht gut gereinigter Wunden besonders betont. Auf die gereinigte Wunde wird nun eine mit der Hand zerriebene, demnach frische, weiche und feuchte Wurzel gelegt. Durch Verdunstung wirkte diese kühlend und infolgedessen auch schmerzlindernd und blutstillend. Verfasser denkt an die Verwendung von Zwiebeln, die sich wegen ihres großen Feuchtigkeitsgehaltes für derartige Zwecke gut eignen, auch für den Geschmack sei die Bezeichnung bitter, scharf, zutreffend. Daß auf die Kühlung der Wunde besonderer Wert gelegt wird, ergibt sich aus anderen Stellen *Homers*. Zu allen Zeiten war die Anwendung frischer Kräuter zur Kühlung und Blutstillung üblich. Die auffallende Erscheinung, daß die Wunde des Eury-

pylos nach dem Auflegen der feuchten Wurzel trocken wurde, wird vom Verfasser dadurch erklärt, daß nach Aufhören der Blutung die Absonderung seröser, schnelltrocknender Flüssigkeit auftritt. Die ausdrückliche Erwähnung der Trockenheit der Wunde läßt darauf schließen, daß man schon damals wie auch später in der Schule des *Hippokrates* Gewicht auf die Trocknung legte. Nach letzterem durfte man Wunden außer mit Wein nicht anfeuchten und es mußten die Mittel erst aufgelegt werden, wenn die Wunde ganz trocken gemacht war. Von Interesse ist weiter, daß die Pharmaka aufgestreut, also in trockenem Zustande angewendet wurden. Die den Schmerz verursachende Reizung hört auf, wenn an der Wunde durch einen trockenen festhaftenden Schorf eine schützende Decke hergestellt ist. Zur Erzeugung dieses Schorfes eignen sich alle gerbstoffhaltigen Pflanzen und Pflanzenteile, also die Adstringentia oder Styptika, die mit eiweißartigen und bindegewebigen Stoffen sich zu trockenen festhaltenden Massen verbinden. Durch Gerbstoffe werden auch die Entzündung, Eiterung und Fäulnis verursachenden Bakterien vernichtet. Dazu kommt, daß bei Verwendung aromatischer Kräuter, z. B. Thymian, die bakterientötende Wirkung noch verstärkt wird. Unter den zahlreichen in der hippokratischen Abhandlung über die „Wunden und Geschwüre" aufgeführten Pflanzenteilen und Pflanzenprodukten finden wir sehr wirksame, gerbstoffhaltige Pflanzenteile, z. B. Eichenwurzeln, Feigenbaumrinde, Granatapfelschalen, Fünffingerkraut, eine Anzahl gerbstoffhaltiger Blätter und die tanninreichen Galläpfel. Als Streupulver empfiehlt *Hippokrates* mancherlei pflanzliche und mineralische Mittel (Pflanzen- und Tierkohle, zerstoßene, schwarze Nießwurz, Celtisrinde, Aronsstab und den noch heute gebräuchlichen gebrannten Alaun).

Nach *Schmiedeberg* beruhen also die von *Homer* beschriebenen Verfahren bei der Wundbehandlung nicht auf Dichtung, sondern auf tatsächlicher Erfahrung, die in jenen kriegerischen Zeiten reichlich erworben werden konnte. Die Heilkundigen erlangten dadurch ein hohes Ansehen. Die Ärzte Podaleirios und Machaon waren Fürsten gleichwie die neben ihnen als Heilkundige genannten Achilles und Patroklos, und mit ihnen fuhren 30 Schiffe nach Troja. Auf den von *Homer* beschriebenen Grundlagen hat sich die Wundbehandlung bei den Hippokratikern weiter entwickelt und blieb wesentlich unverändert bis in die neueste Zeit, d. h. bis zur Entdeckung der Ursachen der Entzündung, Eiterung und Fäulnis und damit zur aseptischen Wundbehandlung.

Ein weiterer Abschnitt befaßt sich mit dem Pharmakon *Nepenthes*. Helena gibt in den Wein, um die um Odysseus Klagenden und Weinenden vor dem Mahle aufzuheitern, dieses Mittel, „Kummer zu tilgen und Groll und jeglicher Leiden Gedächtnis". Seit Theophrast hat man sich mit der Natur dieses Mittels beschäftigt.

Nach *Schmiedeberg* kann es keinem Zweifel unterliegen, daß die Ansicht der neueren Autoren richtig ist, die darunter Mohnsaft verstehen. Durch die Wirkung geeigneter, kleiner Gaben von Opium wird die Empfänglichkeit des Gehirns für gewisse körperliche Einflüsse und psychische Eindrücke der Außenwelt und für die aus inneren Vorgängen auftretenden Vorstellungen mehr oder weniger stark eingeschränkt. Alle Empfindungen, Schmerzen und unangenehmen Gemeingefühle aller Art werden gemäßigt oder unterdrückt, trotzdem die Gemütsbewegungen und Seelenleid verursachenden Vorstellungen fortbestehen. Es tritt nur ein Zustand der Gleichgültigkeit ein. Alles Wesentliche dieser Wirkung ergibt sich aus den Schilderungen *Homers*: Während Kummer und Trauer, Verbitterung und Groll unterdrückt sind, erleiden die Gespräche beim Mahle über gleichgültige Dinge keine Einschränkung. Es wird im späteren Verlaufe sogar noch ein von Helena wohl nicht beabsichtigter höherer Grad der Wirkung geschildert. Wie die Opiumesser oder Opiumraucher in geistige Dämmerung mit traumhaften und verschwommenen Vorstellungen versetzt werden, so heißt es bei *Homer*, daß nach dem Genusse von Nepenthes ein Mensch an dem Tage wohl keine Träne vergösse, auch nicht, wenn ihm Mutter und Vater stürben und wenn man vor seinen Augen den Bruder oder den geliebten Sohn umbrächte.

Nach *Schmiedeberg* gibt es kein zweites Mittel auf der ganzen Erde, das in dieser Weise wirkt. Auch Haschisch kommt nicht in Frage. Es erscheint also völlig ausgeschlossen, daß *Homer* die so treffend geschilderte Wirkung des Opiums rein erfunden hat. Es fragt sich lediglich, woher *Homer* die Kenntnis von dem Opium und seinen charakteristischen Wirkungen erhalten haben kann. Die Kenntnis von Mohn und Opium reicht, wie es scheint, nur auf *Hippokrates* zurück. Möglicherweise kommt Ägypten in Frage. Unter dem Namen Mekonion versteht man zweierlei gänzlich verschiedene Stoffe, einerseits ein aus einer Euphorbiaart gewonnenes Abführmittel und andererseits das weiße oder schlafmachende Mekonion aus dem Mohn. Weder in den hippokratischen Schriften, noch bei Theophrast und Dioskorides, auch nicht bei Plinius finden wir die geringste Andeutung an die von *Homer* beschriebene Wirkung und Anwendung des Opiums. Vielleicht kommen unter den Völkern, die das Opium gekannt haben, die Erember in Betracht. Vermutlich waren es auch die Araber, die in späterer Zeit das Opium und seinen Gebrauch als Genußmittel nach China und Indien verbreitet haben. Eine genauere Feststellung ist unmöglich, da für die Araber die homerische Zeit vorhistorisch ist. Trotz dieser Unklarheit behält diese sachverständige Schilderung *Homers*, die mehr als zwei Jahrtausende lang die einzige ihrer Art geblieben ist, unverminderten Interesse.

Das *Pfeilgift von Ephyre*, mit dem Odysseus seine ehernen Pfeile bestrich, kann nach der kritischen Prüfung aller Verhältnisse durch *Schmiedeberg* nur eine Spezies von Helleborus sein, trotzdem sich bei *Homer* keine direkten Angaben finden. An ein Pfeilgift müssen nämlich besondere Anforderungen gestellt werden, wenn es mit einiger Sicherheit seinen Zweck erfüllen soll. Die einverleibte Giftmenge muß genügend groß sein und auch aus der Wunde rasch zu den Organen, wie Gehirn, Herz, hingeführt werden, deren Vergiftung den schnellen Tod bewirkt. Die Extrakte der meisten in Griechenland einheimischen giftigen Pflanzen (Gartenschierling, Tollkirsche, Alraun, Bilsenkraut, Herbstzeitlose, Eisenhut, Nieswurz [Veratrum]) sind als Pfeilgifte unbrauchbar, weil sie entweder zu langsam resorbiert werden oder zu wenig wirksam sind oder bei der Herstellung und Aufbewahrung an Wirksamkeit einbüßen. Nur zwei Gifte haben sich bisher als Pfeilgifte geeignet erwiesen, das amerikanische Pfeilgift Curare und die sogen. Herzgifte, die sich in zahlreichen Pflanzen aller Erdteile vorfinden. Gelangen Bruchteile eines mg dieser Stoffe in das Herz des Menschen und großer Tiere, so führen sie sicher und rasch den Tod durch Herzstillstand herbei. Von letzteren kommen in Griechenland sechs Pflanzengattungen mit 23 Arten in Frage, nämlich Maiblumen,

Adonisröschen, Meerzwiebel, Oleander, Nieswurz und Fingerhut. Von allen diesen bleibt nach *Schmiedeberg* für das Pfeilgift von Ephyre nur Helleborus übrig. Gerade in der Umgegend der thesprotischen Stadt Ephyre in Epirus fand sich in reicher Fülle, wie in keinem anderen Orte in Griechenland, der Helleborus orientalis (*v. Halacsy*). Die Pflanze kommt massenhaft in den epirotischen und thessalischen Bergen vor, wo sie oft ausgedehnte Flächen bedeckt. Das Gift von Ephyre bildet den Ausgangspunkt für die Giftlehre im allgemeinen, denn aus der Bezeichnung „toxikon Pharmakon" für das Bogen- und Pfeilgift ist für Gifte das Wort Toxikon entstanden, und wir nennen die Lehre von den Giften heute Toxikologie.

Weiter sucht *Schmiedeberg* nach der Pflanze, die dem Kraut *Moly* entsprechen könnte. Über die äußere Beschaffenheit liegen hier einige Andeutungen des Dichters vor, während die übrigen Zaubermittel der Kirke kein sachliches, sondern nur ein poetisches Interesse gehabt haben. Vor dem Palaste der Kirke begegnet Hermeias dem Odysseus und gibt ihm ein Pharmakon, um ihn vor der Kirke zu retten. „Seine Wurzel war schwarz, der Milch vergleichbar die Blüte, Moly nennen es die Götter und schwer auszugraben sei es dem sterblichen Menschen." *Schmiedeberg* schließt sich nicht der Ansicht zahlreicher früherer Autoren an, daß Moly eine Zwiebelart gewesen sei und kommt zu dem Schlusse, daß nach der Giftigkeit, der schwarzen Wurzel, der weißen Blüte und der Schwierigkeit beim Ausgraben nur die Christrose Helleborus niger in Frage komme. Alle die für das Moly geforderten Merkmale sind hier vorhanden. Die Kelchblätter sind auf der oberen Seite weiß, aber nicht durchscheinend und lassen sich mit Milch vergleichen. Der kurze, schwarze Wurzelstock hat lange Nebenwurzeln, die beim Ausgraben leicht abreißen und in der Erde zurückbleiben. Auch mancherlei andere Umstände mögen dazu beitragen, daß *Homer* für sein Moly den Helleborus niger wählte, z. B. die Eigentümlichkeit, daß es mitten im Winter blühte, das seltene Vorkommen, das des Dichters Aufmerksamkeit auf diese Pflanze lenke und sie den Göttern zugewiesen habe.

Überblickt man die Erzählungen *Homers* mit der gegenwärtigen volkstümlichen und poetischen Kräuterkunde, so findet man, daß sich auf diesem Gebiete noch alles auf den gleichen Grundlagen erhält wie bei *Homer*. Die Gifte finden in der poetischen Literatur aller Zeiten und aller Völker ausgiebige Verwendung. Während diese Gifte aber meist erfunden und mit erdichteten Wirkungen ausgestattet sind, geht die Forschung und Kenntnis der Pharmaka langsam aber sicher vorwärts und bildet heute bereits eine inhaltsreiche Wissenschaft. *Flury, Würzburg.*

Newcombs Astronomie für Jedermann. 3. Auflage. Jena, Gustav Fischer, 1920. XII, 385 S., 79 Abbild., 1 Titelbild, 3 Karten und 3 Sterntafeln. Preis geh. M. 9,—, geb. M. 13,—.

Dies bekannte populäre Buch ist im wesentlichen eine Übersetzung des englisch geschriebenen „Astronomy for everybody" vom gleichen Verfasser. Die 3. Auflage, wie die beiden ersten von *K. Graff* und *R. Schorr* herausgegeben, ist dort, wo Neuentdeckungen gemacht wurden, wesentlich erweitert worden. Auch wurde der Beschreibung von Instrumenten und Sternwarten mehr Raum gewidmet.

Der Stoff ist in einer jedem gebildeten Laien verständlichen Weise und ohne alle mathematischen Formeln dargestellt. Wem die Populäre Astronomie von *Newcomb-Engelmann*, ein bereits ganz umfangreiches Werk, zu viel ist, der findet gerade ausreichendes in diesem Buche.

Nach kurzer Einleitung über die scheinbare Bewegung der Gestirne, Zeitmessung und Kalender wird ein Abschnitt den astronomischen Instrumenten gewidmet, wo besonders die modernen Meßmethoden erörtert werden. Der Hauptteil, die drei nächsten Kapitel, behandelt die Körper des Sonnensystems, Sonne, Planeten und Trabanten, Kometen und Meteore. Die den Laien oftmals besonders interessierende Frage nach der Bewohnbarkeit anderer Himmelskörper wird hier auch in kurzen Zügen kritisch besprochen. Das letzte Kapitel, die Fixsternwelt, enthält eine Beschreibung sämtlicher interessanter Erscheinungen bezüglich der Fixsterne und einen Abriß über den Bau des Milchstraßensystems, wobei die neuesten Ergebnisse ziemlich vollständig verwertet wurden.

K. F. Bottlinger, Berlin-Neubabelsberg.

Machatschek, F., Geomorphologie. Allgemeine Geographie III. Aus Natur und Geisteswelt. 627. Bändchen. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1919. 129 S. und 23 Abbildungen im Text. Preis M. 1,60 + 40 % Teuerungszuschlag.

In den letzten Jahren ist besonders von geographischer Seite ein einzelner Abschnitt der allgemeinen Geologie sehr lebhaft bearbeitet und ausgebaut worden, der sich seither zu einer wirklichen Teilwissenschaft ausgewachsen hat und der heute Geomorphologie genannt wird. Es sind besonders Geographen, welche, in den Spuren des Geologen-Geographen *Richthofen*, der Geographen *Davis* und *Penck* wandelnd, mit großem Erfolge eine deduktive Betrachtungsweise neben der reinen Feldbeobachtung verwandt haben. Unter Geomorphologie verstehen wir heute die Lehre von den auf der Erdoberfläche gestaltend wirkenden Kräften und den durch sie geschaffenen Formen. Die Betrachtungsweise ist genetisch, wenigstens zum Teil, mit anderen Worten historisch, wie die des Geologen, und man gelangt durch sie zu einem Verständnis der Beziehungen zwischen Oberflächengestaltung und innerem Bau. In dem von dem Prager Geographen *Machatschek* äußerst geschickt geschriebenen Bändchen werden behandelt die Bewegungen der Erdkruste, die vulkanischen Erscheinungen, Verwitterung, Bodenbildung und Abspülung. Sehr eingehend wird die Tätigkeit des fließenden Wassers und des Eises erläutert. Die Abschnitte über die Landschaft des humiden und ariden Klimas werden in ihrer Gegensätzlichkeit besonders anschaulich herausgearbeitet. Die erläuternden Textfiguren sind sehr klar und anschaulich, genügen aber in keiner Weise der Zahl nach. Es sind nur 33. Komplizierte Vorgänge, wie sie auf S. 69—71 bei den Oberflächenformen von ein- und mehrzyklischen Faltengebirgen beschrieben werden, sind nicht ausreichend durch Abbildungen erläutert und werden daher auch dem gebildeten Laien unverständlich bleiben. *Welter, Bonn.*

Dacqué, E., Geographie der Vorwelt (Paläogeographie). Aus Natur und Geisteswelt. 619. Bändchen. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1919. 104 S. und 18 Fig. Preis M. 1,60 + 40 % Teuerungszuschlag.

Seiner eingehenden, vor drei Jahren erschienenen Darstellung der Grundlagen und Methoden der Paläogeographie läßt der Verfasser jetzt eine kurze, für einen weiteren Kreis des naturwissenschaftlich interessierten Publikums geeignete Übersicht über dieses Wissensgebiet folgen, in dem sich Probleme der Geophysik, Geologie, Petrographie, Paläontologie, Tier- und Pflanzengeographie und Klimatologie zu einem neuen fesselnden Bilde vereinigen. Bei der Behand-

lung des umfangreichen Stoffes werden die wichtigsten allgemeinen Probleme so in den Vordergrund gestellt, daß der Leser eine anschauliche Vorstellung sowohl von den Forschungsmethoden als von dem gegenwärtigen Stande der Paläogeographie erhält. Daß nicht jeder Leser in allen Fragen den Standpunkt des Verfassers teilen wird, ist bei der großen Zahl von Problemen, die heute noch als ungelöst gelten müssen, selbstverständlich und tut der anregenden Darstellung keinen Abbruch. Das Bändchen verdient als die beste kurze Einführung in die Paläogeographie, die wir zurzeit besitzen, weiteste Verbreitung.

J. Wanner, Bonn.

Astronomische Mitteilungen.

Zur Theorie der Helligkeit des Saturnringes. Das Problem der Helligkeit des Saturnringes in ihrer Abhängigkeit von der wechselnden Erhebung von Sonne und Erde über der Ringebene und in ihrer Abhängigkeit vom Phasenwinkel (Winkel am Saturn in dem Dreieck Sonne—Saturn—Erde) ist bereits im Jahrgang 1919 dieser Zeitschrift, S. 502 und S. 683 berührt worden. Die diesjährige Opposition des Saturn bot bei günstiger Witterung wiederum Gelegenheit, den von der Theorie *Seeligers* geforderten merkwürdigen Helligkeitswechsel des Ringes mit dem Phasenwinkel zu verfolgen und von neuem zu bestätigen (Beob.-Zirk. der Astr. Nachr. 1920, Nr. 22), sodaß die Richtigkeit der Voraussetzung der Theorie, die meteoritische Konstitution des Ringes, auch abgesehen von der spektroskopischen Bestätigung derselben durch *Keeler*, nicht mehr bezweifelt werden kann.

Die Seeligersche Theorie ist einer höchst einfachen und anschaulichen Demonstration fähig. Man beleuchte eine Platte aus zerstreut reflektierendem Material, etwa Gips, durch eine sehr entfernte Lichtquelle, z. B. die Sonne, unter beliebigem Einfallswinkel; nur sehr große Einfallswinkel, die der streifenden Inzidenz nahe kommen, sollen ausgeschlossen sein. Vor der Platte, zwischen ihr und der Lichtquelle, ordnen wir in einer ihr parallelen Ebene, aber sonst beliebig, kleine Kugeln von demselben Material an. Ihre gegenseitigen Abstände wollen wir im allgemeinen größer sein lassen als ihre Durchmesser. Die Platte betrachten wir aus so großer Entfernung, daß die kleinen Kugeln vor ihr nicht mehr erkennbar sind. Bringen wir das Auge genau in die Verbindungslinie zwischen Lichtquelle und Platte (Phase 0°), so fallen für den Anblick die Projektionen der Kugeln auf die Platte mit ihren Schattenwürfen auf die Platte genau zusammen: die Platte erscheint in der Flächenhelligkeit, die dem Material unter den gegebenen Bedingungen eigen ist. Bringen wir nun das Auge aus der Linie Lichtquelle—Platte langsam heraus, so treten die Kugelschatten hinter den Kugeln hervor. Da wir aus so großer Entfernung beobachten, daß die Schatten einzeln nicht mehr erkennbar sind, so wird also für den Anblick die Flächenhelligkeit der Platte gleichmäßig vermindert. Die Abnahme der Helligkeit dauert so lange, bis das Auge sich so weit aus der Linie Lichtquelle—Platte entfernt hat, daß die Kugelschatten vollständig frei neben den Kugelprojektionen stehen. Eine weitere Verschiebung des Auges in derselben Richtung hat nun keine weitere Helligkeitsänderung zur Folge, bis daß die Schattenwürfe die Projektionen der Nachbarkugeln erreichen. Nunmehr nimmt die Helligkeit wieder zu usf. Man sieht, daß die Erscheinung unter gewissen Bedingungen eine periodische sein kann. Wir können uns jedoch auf die erste Helligkeitsabnahme und die darauf folgende Konstanz beschränken, da der periodische Fall beim Saturnring nicht vorliegt. Bei dieser Betrachtung ist stillschweigend von derjenigen Helligkeitsänderung abgesehen worden, die von der Zunahme der Phase der Kugeln und von der Änderung des Emanationswinkels herrührt. Sie ist die gewöhnliche Phasenwirkung, die für ein nicht zu großes Phasenintervall die Helligkeit mit zunehmender Phase nahezu gleichmäßig abnehmen läßt. Der Betrag der Helligkeitsänderung pro Grad Phasenänderung, der Phasenkoeffizent, ist beim Saturnring klein im Vergleich zu der ersteren Helligkeitsänderung.

Die beschriebene Vorrichtung gestattet, alle Erscheinungen des Saturnringes zu veranschaulichen. Zunächst sieht man sofort, daß die Gesamtänderung der Flächenhelligkeit unseres Systems Platte + Kugeln von der Dichte der Verteilung der Kugeln in ihrer Ebene abhängt; je spärlicher die Kugeln verteilt sind, desto geringer ist die Gesamtänderung der Helligkeit. Die Helligkeitsänderung geht um so schneller vor sich, sie drängt sich in einen um so engeren Bereich um die Phase 0 ° (Opposition) herum zusammen, je größer der Abstand der Kugeln von der Platte ist. Macht man stets den Abstand der Kugeln von der Platte gleich ihrem mittleren Abstand untereinander, so nimmt also die Amplitude und der Bereich der Helligkeitsänderung mit abnehmender Dichte der Verteilung ab.

Beim Saturnring haben wir nun nicht eine, sondern viele Schichten von schattenwerfenden Teilchen, und die, von der Sonne aus gesehen, hinteren Teilchen spielen hier die Rolle der die Schattenwürfe auffangenden Platte. Der der Theorie entsprechende Verlauf der Helligkeitsänderung des Saturnringes beweist nicht nur dessen meteoritische Konstitution, sondern gestattet auch eine Abschätzung der Dichte des Ringes. Die Beobachtung ergab, daß bei größerer Ringöffnung der Hauptteil der Helligkeitsschwankung sich in dem sehr kleinen Phasenintervall von 0,5 ° zu beiden Seiten der Opposition abspielt, was überschlagsweise auf eine Dichte 0,01 führt; d. h. $^1/_{10}$ bis $^1/_{100}$ des Ringvolums ist mit Masse besetzt[1]). Merkwürdigerweise ergab sich aber in der letzten Opposition bei sehr kleiner Ringöffnung — der Ring wird uns in der nächsten Opposition die schmale Kante zuwenden — der Bereich der aus den gegenseitigen Beschattungen der Ringteilchen entspringenden Helligkeitsänderung mehr als doppelt so groß als zwei Jahre vorher. Die effektive Dichte des Ringes hatte also anscheinend mit abnehmender Ringöffnung zugenommen. Wenn nicht noch andere Einflüsse vorliegen, die mit dem Seeligerschen Phänomen unmittelbar nichts zu tun haben, so müßte man daraus folgern, daß die Dichtigkeit der Verteilung der Ringteilchen innerhalb des von der sichtbaren Begrenzung des Ringes gebildeten Raumes nicht gleichmäßig ist, sondern in Richtungen senkrecht zur Mittelebene des Ringes nach außen stark abnimmt. Es sind zwar noch andere Anordnungen der Ringteilchen denkbar, die den gleichen Effekt haben, sie sind aber aus mechanischen Gründen nicht wahrscheinlich.

Guthnick.

[1]) Die durchaus mögliche genauere Bestimmung der Dichte ist bis nach der Vollendung der ganzen Beobachtungsreihe verschoben.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 30. (Seite 587—610) **23. Juli 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Die Bedeutung der Kaltblütertuberkulose für die Behandlung der menschlichen Tuberkulose. Von *H. v. Hayek, Innsbruck.* S. 587.

Ueber die Reduktion der Salpetersäure in grünen Zellen. Von *Otto Warburg, Berlin-Dahlem.* S. 594.

Die organische Elementarsynthese in der Technik. Von *Erich Baum, Solln b. München* (Fortsetzung). S. 596.

Besprechungen:

Dorno, C, Physik der Sonnen- und Himmelsstrahlung. Von *P. Guthnick, Berlin-Babelsberg.* S. 600.

Stutzer, O., Geologisches Kartieren und Prospektieren. Von *J. Wanner, Bonn.* S. 601.

Göllnik, O., Die magnetische Vermessung des sächsischen Staatsgebiets. Von *A. Nippoldt, Berlin-Potsdam.* S. 602.

Beckenkamp, J., Leitfaden der Kristallographie. Von *A. Johnsen, Kiel.* S. 602.

Berndt, G., Radioaktive Leuchtfarben. Von *Fritz Paneth, Hamburg.* S. 602.

Doelter, C., Handbuch der Mineralchemie. Von *J. Koppel, Berlin-Pankow.* S. 603.

Strecker, Karl, Jahrbuch der Elektrotechnik. Von *A. Berliner, Berlin.* S. 603.

Zuschriften an die Herausgeber:

Ein neuer Gassparbrenner. Von *Armin Fischer, München.* S. 603.

Technische Mitteilungen:

Neonlampe für stroboskopische Zwecke (mit 1 Abbildung). Eine optische Methode zur Bestimmung der Dicke der Oelschicht bei Lagern (mit 2 Abbildungen). Die größtmöglichen Flugstrecken und Geschwindigkeiten. Nachweis von Benzol in Benzin. Die wahre Größe der Stickstoffnot. S. 604—607.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten:

Isotope Elemente. Radioaktivität und Relativitätstheorie. Weiteres über die Beziehungen der Aldehyde zur alkoholischen Gärung. Kolloidchemie und Meteorologie. Kamerun im Weltkriege. S. 607—610.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.

Binokulares Mikroskop mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren

Mikrophotographische und Projektionsapparate

Mikrotome, Lupen und Lupenmikroskope ❖ Prismenfernrohre.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissepschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 26.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1,50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Lichtbilder
für Projektion
aus allen Gebieten der Wissenschaft, Kunst, Völkerkunde etc.
Projektionsapparate
A. Krüss
Optisch-Mechanische Werkstätten
Inhaber: Dr. **Paul Krüss,**
Hamburg 11. (192)

Neuland
Umrisse eines Weltbildes
von
L. J. Reichenau
Ladenpreis geh. 15 M. geb. 21 M.
Die Grenzen und der Gewißheitswert der Erkenntnis. — Energie, Materie und Substanz. — Sein und Wirken im Weltall. — Leben und Tod — Zweck und Ziel im Weltgeschehen. — Jenseits Gut und Böse. — Von der Freiheit des Willens.
Verlag Otto Wigand, Leipzig

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope
Gg. Leisegang Berlin
Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche
Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

Die Anschaffung des
Handwörterbuchs der Naturwissenschaften

10 Bände in Halbfranz 1200 Mk., Auslandspreis 3000 Mk., erleichtert durch Verteilung des Betrages auf mehrere Jahre oder Amortisation in 10% Monatsraten. Das Werk wird sofort vollständig geliefert. Ein Band gern zur Ansicht.
H. Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75

Mikroskopische Präparate
Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Testplatten, Mineralogie und Geologie. Neue Liste gegen Einsendung von M. 5.—, welche bei einem Auftrage von M. 20.— angerechnet werden.
J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (207)

Mineralien, Kristalle und Gesteine
Spez. vogtl. und sächs. Vorkommen
offeriert preiswert und in reicher Auswahl
Mineralien-Niederlage A. Jahn
Plauen i. V., Oberer Graben 9
Preisliste gratis.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

In diesen Tagen gelangt zur Ausgabe:

Verjüngung
durch experimentelle Neubelebung der alternden Pubertätsdrüse

Von
Dr. med. et phil. h. c.
E. Steinach
o. ö. Universitäts-Professor und Vorstand an der Biologischen Versuchsanstalt der Akademie der Wissenschaften in Wien

Mit 7 Textabbildungen und 9 Tafeln

Preis M. 28.— (und Sortimentszuschlag)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 23. Juli 1920. Heft 30.

Die Bedeutung der Kaltblütertuberkulose für die Behandlung der menschlichen Tuberkulose.

Von Hermann v. Hayek, Innsbruck.

Auf keinem Gebiete der Medizin sehen wir in den Forschungsergebnissen eine solche Kette anscheinend unentwirrbarer Widersprüche auftreten, und die bedeutendsten Forscher nach jahrelanger Arbeit zu so entgegengesetzten Ergebnissen kommen, wie auf dem Gebiete der Tuberkulose.

Die Erklärung dieser Tatsache liegt in den schwierigen und wechselvollen biologischen Verhältnissen, die uns die Tuberkulose bietet. Die Tuberkulose kann als harmloser Parasit den Menschen jahre- und jahrzehntelang durch sein Leben begleiten, ohne daß überhaupt ausgesprochene Krankheitserscheinungen auftreten. Sie kann einen ernsteren Verlauf nehmen und die körperliche Leistungsfähigkeit des Befallenen erheblich herabsetzen. Sie kann ein langdauerndes Siechtum zur Folge haben, und sie kann endlich als akut auftretende Infektionskrankheit in wenigen Wochen zum Tode führen.

Alles dies ist uns heute bekannt. Die biologischen Gesetzmäßigkeiten aber, die diesen extremen Gegensätzen zugrunde liegen, sind bis heute nicht vollständig geklärt.

Biologisch gedacht ist die Tuberkulose ein Kampf zwischen den Tuberkelbazillen, die auf den Geweben eines hochentwickelten Organismus ihren Nährboden suchen, und zwischen den Körperzellen, die sich durch eine ganze Reihe verschiedenartigster Abwehrreaktionen gegen die pathogene Wirkung der Tuberkelbazillen zu schützen trachten. Das Kräfteverhältnis zwischen der Angriffskraft der Tuberkelbazillen und der Abwehrleistung des befallenen Körpers muß für die Krankheitsentwicklung und den Krankheitsverlauf von ausschlaggebender Bedeutung sein. Die Beurteilung dieses Kräfteverhältnisses wird deshalb so außerordentlich schwierig, weil es in jedem einzelnen Falle von einer ganzen Reihe variabler biologischer Momente beeinflußt wird: Immunität, Konstitution, äußere Lebensverhältnisse des befallenen Körpers, Virulenz der Bazillen, Häufigkeit und Massigkeit der Infektionen usw.

Seit dem Meinungsstreit über die Art- und Virulenzverschiedenheit zwischen den Perlsuchtbazillen der Rindertuberkulose und den menschlichen Tuberkelbazillen wurde auch die große praktische Bedeutung der Tiertuberkulose und ihrer Beziehungen zur Menschentuberkulose immer mehr erkannt. Und in den letzten zwei Jahrzehnten hat auch auf diesem Gebiete eine intensive Forschungsarbeit eingesetzt.

So konnte *Arloing* durch seine Versuche an verschiedenen Tierarten zeigen, daß menschliche Tuberkelbazillen unter wesentlichen Schwankungen ihrer Virulenz und unter Änderung ihrer biologischen Eigenschaften fähig sind, sich den wechselnden biologischen Verhältnissen in artverschiedenen Tierorganismen anzupassen. Die wichtige Frage blieb aber noch offen, ob diese biologischen Veränderungen durch Tierpassage für den betreffenden Tuberkelbazillenstamm einen dauernden Virulenzverlust gegenüber dem Menschen mit sich bringen, oder ob ein solcher Tuberkelbazillenstamm unter Umständen fähig bleibt, seine Virulenz für den Menschen wiederzugewinnen.

Neue wichtige Ergebnisse in dieser Richtung brachte die Erforschung der Kaltblütertuberkulose. Und diese Forschungsergebnisse zeigten, daß auch hier höchst wechselvolle biologische Verhältnisse vorliegen.

Bis zum Jahre 1897 wurde vielfach angenommen, daß Kaltblüter gegen Tuberkulose immun seien. Die mehrfachen Versuche französischer Forscher, Frösche und Fische mit menschlichen Tuberkelbazillen zu infizieren, hatten zu keinen sicher positiven Ergebnissen geführt. So hatte *Combemale* monatelang Karpfen mit menschlichem tuberkulösem Sputum gefüttert, ohne daß die Tiere erkrankten. Die aus den Organen der getöteten Fische wiedergewonnenen Tuberkelbazillen hatten aber merkwürdigerweise für die sonst gegen tuberkulöse Infektionen so empfindlichen Meerschweinchen ihre Virulenz verloren.

Da fanden *Bataillon, Dubard* und *Terre* im Jahre 1897 an der Bauchwand eines aus einer Fischzuchtanstalt bei Dijon stammenden Karpfens eine taubeneigroße Geschwulst, welche zahlreiche tuberkelbazillenähnliche, ebenfalls säurefeste Bazillen enthielt. Diese Bazillen unterschieden sich aber in ihren biologischen Eigenschaften von den Säugetiertuberkelbazillen, indem sie nur bei Temperaturen zwischen 12° und 25° kulturelles Wachstum zeigten.

Weitere Versuche lehrten nun, daß menschliche Tuberkelbazillen in die Bauchhöhle von Fröschen und Fischen gebracht, bereits nach 11 Tagen in ihren Wachstumsverhältnissen vollkommen dem erwähnten Karpfen-Bazillenstamm

entsprachen und auch für Meerschweinchen nicht mehr virulent waren. Wurden aber die infizierten Fische und Frösche schon innerhalb der ersten Tage getötet, so zeigten die aus den Organen wiedergewonnenen Bazillen noch Wachstum bis zu Temperaturen von 42° und waren für Meerschweinchen stark virulent.

Die folgenden Jahre brachten weitere interessante Arbeiten auf diesem Gebiete. So konnte *Moeller* Blindschleichen mit menschlichen Tuberkelbazillen infizieren, und aus der Milz der getöteten Tiere Kulturen züchten, die am besten bei 22°, und *über* 30° überhaupt nicht mehr wuchsen, und die auch nach wiederholter Warmblüterpassage keine Wiedergewöhnung an die höheren Säugetiertemperaturen mehr zeigten. *Lubarsch* gelang die Infektion von Fröschen mit Säugetiertuberkelbazillen. Die aus den Organen der infizierten Frösche wiedergewonnenen Bazillen erwiesen sich bis zu einer Zeit von 3 Wochen für Meerschweinchen noch virulent. Wurden aber die Bazillen erst nach 6 bis 8 Wochen aus dem Froschorganismus wiedergewonnen, so waren sie bereits für das Meerschweinchen unschädlich. Nach zwei Monaten wuchsen die wiedergewonnenen Bazillen am besten bei 28°, paßten sich aber im Gegensatz zu dem Blindschleichentuberkelbazillenstamm *Moellers* durch Warmblüterpassage wieder an höhere Temperaturen an und wurden für Säugetiere wieder pathogen. *Lubarsch, Dieudonné* und *Herzog* fanden, daß Frösche durch Fischtuberkelbazillen schwerer geschädigt werden als durch Säugetiertuberkelbazillen, daß jede neue Froschpassage beide Bazillenarten für den Frosch virulenter macht, und daß die optimale Wachstumstemperatur immer mehr unter 30° herabgedrückt wird. *Friedmann* konnte im Jahre 1902 an zwei gesund gefangenen, im Aquarium zu Berlin getrennt gehaltenen Schildkröten, die von einem an offener Tuberkulose erkrankten Wärter gefüttert worden waren, bei der Sektion der beiden spontan erkrankten und eingegangenen Tiere eine vorgeschrittene Lungentuberkulose mit außerordentlich schweren Zerstörungsprozessen in den Lungen feststellen.

Großes praktisches Interesse erlangten diese Arbeiten über die biologische Veränderung menschlicher Tuberkelbazillen durch Kaltblüterpassage, seitdem mehrere Forscher den Versuch unternahmen, nicht virulente Kaltblütertuberkelbazillenstämme zur Heil- und Schutzimpfung gegen die Tuberkulose des Menschen zu verwenden.

Um die theoretische Grundlage dieser Versuche verstehen zu lernen, ist es nötig, einen kurzen Überblick über das biologische Prinzip der spezifischen Abstimmung im allgemeinen und über die spezifische Behandlung von Infektionskrankheiten im besonderen einzufügen.

Wir sehen einen kranken Körper auf die verschiedenartigsten physikalischen, chemischen und biologischen Reize anders reagieren als einen gesunden (Allergie, *Pirquet*). Alle diese Reize können nun unter günstigen Verhältnissen zu Reaktionen führen, die sich als heilungsbefördernd erweisen und daher therapeutisch verwertet werden können. Bei den Infektionskrankheiten zeichnet sich nun der erkrankte Körper gegenüber Extraktivstoffen und Leibessubstanzen der Krankheitserreger durch eine ganz außerordentlich hohe Reaktionsempfindlichkeit aus. Diese „spezifische" Reaktionsempfindlichkeit kann die Reaktionsempfindlichkeit gegenüber nicht abgestimmten, unspezifischen Reizen, z. B. gegenüber der subkutanen Einverleibung nichtspezifischer Eiweißsubstanzen um das 1000-fache, ja um das 100 000-fache und noch mehr übertreffen. Die Erscheinungen des Reaktions*ablaufes* können hingegen sowohl bei spezifischen als auch bei nichtspezifischen Reizen außerordentlich ähnlich sein.

Dieses Prinzip der spezifischen Abstimmung oder der Spezifität ist nun sowohl für die Krankheitsentwicklung als auch für die Behandlung von Infektionskrankheiten von hoher praktischer Bedeutung.

Wir haben bereits hervorgehoben, daß das entscheidende Kräfteverhältnis im Abwehrkampf der Körperzellen gegen die Krankheitserreger von einer ganzen Reihe äußerer und innerer Momente beeinflußt wird. Wir können dabei im Sinne neuerer Anschauungen von einer allgemeinen vitalen Energie der Krankheitserreger einerseits und des befallenen Körpers andererseits sprechen. Wir können aber nun ferner sehen, daß für die Entwicklung und den Ausgang einer Infektionskrankheit durchaus nicht immer diese allgemeine vitale Energie, wie sie etwa in der allgemeinen konstitutionellen Körperbeschaffenheit zum Ausdruck kommt, ausschlaggebend ist, und daß sich diese allgemeine vitale Energie durchaus nicht immer mit der spezifischen Durchseuchungsresistenz gegen bestimmte Infektionskrankheiten zu decken braucht. So sind zum Beispiel in den letzten großen Grippenepidemien vollkräftige, junge Menschen in auffallend großer Zahl den schwersten Formen der Grippe zum Opfer gefallen. Und ähnliches können wir auch bei der Tuberkulose beobachten. Auch hier können bis dahin gesunde, junge, vollkräftige Menschen in relativ kurzer Zeit an den schwersten Formen der Tuberkulose zugrunde gehen, während sich chronisch Leichttuberkulöse, deren ganzer schwächlicher Körperhabitus durchaus keiner starken vitalen Energie entspricht, jahre- und jahrzehntelang erfolgreich ihrer Tuberkulose erwehren, ohne daß es überhaupt zu stärkeren Krankheitserscheinungen kommt. Diese Tuberkulösen müssen also trotz ihrer körperlichen Minderwertigkeit über eine besonders stark ausgeprägte spezifische Widerstandskraft gegen die Wirkung der Tuberkelbazillen verfügen. Ihre Abwehrleistung gegen die spezifischen Krankheitsgifte muß besonders stark ausgebildet sein, und sie zeigen daher gegen

die schweren Formen der Tuberkulose eine erhöhte Widerstandskraft (relative Immunität).

Die Tuberkuloseforschung hat nun gezeigt, daß diese spezifische Durchseuchungsresistenz gegen die schweren Formen der Tuberkulose durch die glückliche Überwindung leichterer tuberkulöser Infektionen, die noch zu keinem Schaden geführt haben, verstärkt wird.

Römer hat dies durch ausgedehnte Versuche an verschiedenen Tierarten gezeigt. Das auffallend widerstandslose Verhalten tuberkulosefreier Naturvölker bei ihrem ersten Zusammentreffen mit der Tuberkulose, die Gesetzmäßigkeiten der Säuglings- und Kindertuberkulose in den Großstädten mit ihren rapid mit den Altersklassen wachsenden Infektionszahlen und ebenso stark sinkenden Erkrankungs- und Sterblichkeitsziffern, das Verschontbleiben von Menschen, die in engen Wohnungsverhältnissen und unter schlechten Lebensverhältnissen in enger Gemeinschaft mit schwer tuberkulösen Angehörigen aufwachsen — alle diese Erfahrungstatsachen sind nur in diesem Sinne zu erklären. Und ich selbst kam bei der statistischen Bearbeitung eines Materials von mehr als 1600 gut und einheitlich beobachteten Tuberkulösen zu dem bemerkenswerten Ergebnis, daß diejenigen, die vor ihrer manifesten Erkrankung die Zeichen einer derartig gutartigen und chronisch verlaufenden — wie wir uns ausdrücken „latenten" — Tuberkulose gezeigt hatten, um mehr als die Hälfte *weniger* schlechte Prognosen gaben, als diejenigen, die vor ihrer manifesten Erkrankung praktisch als tuberkulosefrei zu bezeichnen waren.

Auf Grund dieser und anderer Tatsachen hat *Römer* schon vor Jahren das Gesetz formulieren können: je größer die Tuberkuloseverbreitung in einer Bevölkerung um so geringer die Tuberkuloseletalität, d. i. das Verhältnis zwischen den mit Tuberkulose infizierten zu den an Tuberkulose Gestorbenen.

Die in allen Kulturländern so weit verbreitete tuberkulöse Infektion ist also nach unseren heutigen Forschungsergebnissen auch *eines* jener Momente, die uns gegen die schweren, tödlich verlaufenden Formen der Tuberkulose widerstandsfähiger macht, als die tuberkulosefreien Säuglinge und Naturvölker es sind.

Damit soll etwa nicht gesagt werden, daß wir eine Infektion mit Tuberkulose als besonders begrüßenswert bezeichnen. Wir müssen aber an der unabänderlichen Tatsache, daß die Verhütung der tuberkulösen Infektion unter der Kulturmenschheit in weitem Maßstabe praktisch unmöglich ist, auch die guten Seiten erkennen lernen.

Die tuberkulöse Frühinfektion wirkt ähnlich wie eine natürliche Schutzimpfung, *wenn* sie ohne Schaden überwunden wird. Dies zu bestimmen liegt aber leider nicht in unserer Hand, denn wir können das stets wechselnde Kräfteverhältnis zwischen der Infektionsstärke und der spezifischen Durchseuchungsresistenz des befallenen Körpers nicht beliebig zugunsten des letzteren verändern.

Es ist nun das Bestreben der spezifischen Behandlung, diese spezifische Durchseuchungsresistenz gegen die pathogene Wirkung der Tuberkelbazillen zu steigern, indem durch subkutane Einverleibung von Bazillenextrakten und Bazillenemulsionen (Tuberkuline) oder anderer aus den Bazillen gewonnener Präparate Reize gesetzt werden, auf die der Körper durch Bildung spezifischer Schutzstoffe mit einer *überkompensierenden* Abwehrleistung antworten soll (aktive Immunisierung).

Dieses Verfahren wäre gerade bei der Tuberkulose von großer volkswirtschaftlicher Bedeutung. Die Tuberkulose macht ja durch ihre große Verbreitung in den unbemittelten Volksschichten, durch ihren chronischen Verlauf und ihre lange Heilungsdauer eine entsprechende ärztliche Versorgung und Heilbehandlung der unbemittelten Kranken zu einem unlösbaren finanziellen Problem. Die meist übliche sogenannte hygienisch-diätetische Schonungskur, die es bezweckt, durch gute Lebensbedingungen in jeder Richtung die Körperkräfte des Tuberkulösen zu heben, und damit auch indirekt die spezifische Durchseuchungsresistenz gegen die Tuberkulose günstig zu beeinflussen, stellt nicht nur bei allen unbemittelten Kranken, sondern auch bei allen Erwerbstätigen den Einzelnen wie auch die Allgemeinheit vor kaum überwindliche wirtschaftliche Schwierigkeiten. Denn auch alle diese Behandlungsmethoden geben uns nur Aussicht auf einen Dauererfolg, wenn sie viele Monate, ja bei vorgeschritteneren Fällen jahrelang fortgesetzt werden können. Die Bestrebungen, eine Heilung der Tuberkulose durch eine entsprechend lang bemessene Schonungskur zu erzielen, sind heute wohl nur bei bemittelten Kranken auf Privatkosten durchführbar — dabei aber keineswegs immer von Erfolg begleitet.

Noch viel weniger lassen sich für die besonders stark tuberkulosebedrohten Kinder des Großstadtproletariats trotz aller Ferienkolonien und anderer humaner Bestrebungen *dauernd* so günstige Lebensverhältnisse schaffen, daß sie uns mit einer entsprechenden Erhöhung der allgemeinen körperlichen Widerstandskraft für einen nennenswerten Prozentsatz der Fälle auch eine genügende spezifische Durchseuchungsresistenz gegen die Tuberkulose verbürgen könnten. Außerdem fällt die wichtigste Zeit für die Gewährung eines erhöhten Tuberkuloseschutzes nach unseren heutigen Kenntnissen bereits in das frühe Säuglingsalter, also in ein Alter, für das die genannten Maßnahmen sozialer Fürsorge noch gar nicht in Betracht kommen. Die heutigen Maßnahmen der Säuglingsfürsorge reichen aber bei weitem nicht aus, um in der Praxis einen nennenswerten Schutz gegen die tuberkulöse Infektion und Erkrankung zu bieten, und es ist auch kaum anzunehmen, daß

je einmal wirklich so durchgreifende Maßnahmen in der Praxis geschaffen werden könnten.

Die große Bedeutung der spezifischen Tuberkulosebehandlung und Prophylaxe in sozialer und ärztlicher Beziehung steht heute außer Frage. Die Lösung dieses Problems, an der nun seit nahezu drei Jahrzehnten die besten unserer Forscher arbeiten, hat sich aber als bedeutend schwieriger erwiesen, als es anfangs den Anschein hatte.

Schon die erste Tuberkulinära unter *Robert Koch* hatte mit furchtbarer Deutlichkeit gezeigt, daß diese fein abgestimmten, hoch reaktiven biologischen Reize, welche durch das Einspritzen von Bazillenextrakten oder Bazillenemulsionen gesetzt werden, keineswegs in *allen* Fällen zugunsten des tuberkulösen Körpers ausschlagen, sondern daß statt des erwarteten Nutzens unter Umständen auch ein mehr oder minder großer Schaden kommen kann. Und so kam der Zusammenbruch der ersten Tuberkulinära, weil trotz der warnenden Stimme *Robert Kochs* und seiner engeren Mitarbeiter das neue Verfahren vielfach skrupellos ausgebeutet wurde, ohne daß noch überhaupt die Grundlagen für eine entsprechende Anwendungstechnik gegeben waren. Nur die selbstlose Arbeit einiger Weniger, die weder durch den anfänglichen Enthusiasmus den kritischen Blick für die bestehenden Schwierigkeiten, noch durch den folgenden Zusammenbruch den Glauben an den prinzipiellen, bleibenden Wert des Verfahrens verloren, hat die spezifische Therapie in die Bahnen eingehender Forschung hinübergerettet. Heute sind wir nach harter, mehr als zwei Jahrzehnte langer Arbeit, voll von schweren Rückschlägen und Enttäuschungen so weit, daß wir im wesentlichen die grundlegenden Gesetzmäßigkeiten kennen, die uns zeigen, unter welchen Umständen der gesetzte biologische Reiz zu einem Nutzen für den tuberkulösen Körper ausschlägt.

Das heißerstrebte Ziel aber, ein Verfahren zu finden, mit dem sich in schematischer Weise Tuberkulose heilen läßt, dieses Problem ist bis heute nicht gelöst und wird sich nach meiner Überzeugung auch niemals lösen lassen, weil uns die Tuberkulose in jedem einzelnen Fall immer wieder vor wechselnde biologische Verhältnisse stellt. Große Übung in der Beobachtung der Kranken, in der Indikationsstellung und in der Deutung der erzielten Reaktionen ist nötig, um spezifische Behandlungsmethoden erfolgreich durchzuführen. Und es ist auch heute ein leider noch nicht überwundener Irrtum, der immer wieder zu Mißerfolgen und neuen Rückschlägen für die wertvolle Sache führt, die spezifische Tuberkulosetherapie nach einfachen *schematischen* Vorschriften in die allgemeine ärztliche Praxis einführen zu wollen.

Petruschky gebührt vor allem das Verdienst, mit besonders intensiver Arbeit, nach einer solchen Vereinfachung der spezifischen Tuberkulosebehandlung gestrebt zu haben, die eine allgemeine schematische Verwendung ermöglichen sollte. Die betreffenden Präparate werden bei diesem Verfahren nicht unter die Haut gespritzt, sondern in die Haut eingerieben. Die Reaktionen sind infolge der wesentlich beschränkten Resorptions- und Reaktionsverhältnisse im allgemeinen bedeutend milder. Dieses Verfahren nimmt uns aber die Möglichkeit einer exakten Dosierung des gesetzten Reizes. Diese entsprechend exakte Dosierung, die den wechselnden Verhältnissen der bereits vorhandenen spezifischen Abwehrleistung angepaßt sein muß, ist aber bei allen spezifischen Behandlungsmethoden eine Grundbedingung für die rationelle Ausnutzung der so fein abgestimmten biologischen Reize. Die spezifischen Präparate wirken nicht wie chemische Arzneimittel, mit welchen sich unter nur geringen individuellen Schwankungen durch bestimmte Dosen eine Wirkung von bestimmter Stärke erzielen läßt, sondern es sind biologische Reaktionskörper, bei welchen eine Dosis, die für den einen Kranken viel zu gering ist, für einen zweiten Kranken 100-fach zu stark sein kann. So kann sich diese Perkutantherapie nach *Petruschky* in ihrem effektiven Wert zur Behandlung tuberkulöser Organerkrankungen nicht mit der Subkutanbehandlung messen, bei der genau dosierte Mengen des betreffenden Präparates unter die Haut gespritzt werden und hier rasch zur Resorption gelangen. Nur in gewissen chronischen Anfangsstadien der Tuberkulose mit relativ einheitlichen biologischen Verhältnissen bieten die Einreibungen der Bazillenpräparate ein Verfahren, das genügend lange, eventuell jahrelang angewendet, tatsächlich imstande zu sein scheint, in einem erheblichen Teil der Fälle eine prophylaktische Resistenzerhöhung gegen schwere tuberkulöse Erkrankungen zu erzielen.

Angesichts der wechselvollen biologischen Verhältnisse, denen wir bei tuberkulösen Organerkrankungen gegenüberstehen, müssen wir aber nach einer möglichst eingehenden Differenzierung spezifischer Behandlungsmethoden streben. Und so ist es auch erklärlich, daß die vielartigen und schwierigen Teilprobleme, die auf dem Gebiete der spezifischen Tuberkulosebehandlung zu lösen sind, zur Herstellung einer ganzen Reihe von Präparaten geführt haben. Es ist ganz unrichtig, in dieser großen Zahl der hergestellten Präparate ein Armutszeugnis für die spezifische Tuberkulosebehandlung zu erblicken, wie dies oft geschieht. Die große Zahl der Präparate ist nur ein Beweis für die rastlose Arbeit, die auf diesem schwierigen Gebiet geleistet worden ist, und für die Tatsache, daß die Lösung aller zu lösenden Fragen heute noch keineswegs eindeutig gelungen ist.

Die Herstellung der Präparate hat sich zum Teil auf theoretischen und tierexperimentellen Erwägungen, zum Teil auf klinischen Erfahrungen aufgebaut, und es ist daher selbstverständlich, daß sie je nach den biologischen Richtlinien, die ihrer Darstellung zugrunde liegen, in ihrer Wir-

kung oft recht große qualitative Verschiedenheiten zeigen.

Das grundlegende Prinzip bleibt aber bei der spezifischen Tuberkulosebehandlung immer und in jedem Falle der richtig indizierte spezifische Reiz von richtig gewählter Stärke, auf den eine überkompensierende Abwehrleistung von seiten der Körperzellen einsetzt.

Es würde hier viel zu weit führen, auch nur annähernd den Entwicklungsgang in der Herstellung spezifischer Präparate zu schildern. Nur eine ganz kurze Charakteristik dieses Entwicklungsganges sei gegeben, um auch für die Bedeutung der Kaltblütertuberkulose im Rahmen dieser Bestrebungen den Zusammenhang zu zeigen.

Das Alttuberkulin *Kochs* enthält nur Extraktivstoffe menschlicher Tuberkelbazillen. Wir haben heute gelernt, die therapeutische Anwendung des Alttuberkulins auf bestimmte Indikationen zu beschränken, weil es unter gewissen Verhältnissen in den tuberkulösen Herden viel zu starke entzündliche Reaktionen hervorruft, so daß es in solchen Fällen nur schwer gelingt, mit dem Alttuberkulin eine überkompensierende Abwehrleistung zu erzielen, und dabei die Gefahr höchst unerwünschter Herderscheinungen auszuschließen. Diese Eigenschaften des Alttuberkulins werden auch heute noch vielfach fälschlich als eine dem Alttuberkulin an sich anhaftende Giftwirkung angesprochen, obwohl dasselbe für den tuberkulose*freien* Organismus selbst in den höchsten Dosen vollkommen indifferent ist. Diese in bestimmten Fällen unerwünschten Eigenschaften des Alttuberkulins veranlaßten schon *Koch* „entgiftete" und „abgeschwächte" Tuberkuline herzustellen. Diese Bestrebungen wurden später von anderen Forschern durch eigene Züchtungsverfahren weiter verfolgt. Mit dem weiteren Ausbau der Tuberkuloseimmunitätsforschung, welche zur Entdeckung mannigfacher serologischer Reaktionstypen führte, trat dann das Bestreben in den Vordergrund, den tuberkulösen Körper auch gegen die Leibessubstanzen der Tuberkelbazillen zu „immunisieren". So entstanden die verschiedenen Bazillenemulsionen. *Deycke-Much* wieder suchten das Problem von einem biochemischen Standpunkt aus zu lösen, indem sie durch chemische Aufschließung der Tuberkelbazillen die einzelnen immunbiologisch wichtigen, chemischen Gruppen des Bazillenkörpers (Eiweiß und Fettsubstanzen) in reiner Form und für sich getrennt nutzbar machten.

Andere Forscher (*C. Spengler, Marmorek, Maragliano* u. a.) versuchten eine Behandlung mit dem Serum oder den aufgeschlossenen Blutzellen von Tieren, die gegen Tuberkelbazillen und deren Begleitbakterien immunisiert worden sind. Diese Bestrebungen einer passiven Immunisierung stoßen aber gerade bei der Tuberkulose auf ganz besonders große prinzipielle Schwierigkeiten.

C. Spengler versuchte auch als erster ein weiteres biologisches Moment für die Behandlung der menschlichen Tuberkulose heranzuziehen, auf das schon eingangs hingewiesen wurde, und das uns auch zur therapeutischen Verwendung der Kaltblüterbazillenstämme hinüberleitet. Er versuchte die geringere Virulenz von Tiertuberkelbazillen gegenüber dem Menschen zur Herstellung milder wirkender Präparate nutzbar zu machen. Auf dieser Grundlage hat *C. Spengler* seine Perlsuchttuberkuline hergestellt, die jedoch einen wesentlichen praktischen Fortschritt nicht gebracht haben.

In gleicher Richtung bewegen sich auch die Versuche, Bazillenstämme der Kaltblütertuberkulose, die für den Menschen nicht virulent sind, zu Schutz- und Heilimpfungen zu verwenden.

Das Prinzip dieser Behandlung können wir etwa damit charakterisieren, daß durch die Impfung ein künstlicher *unschädlicher* tuberkulöser Herd gesetzt wird, der als Kraftzentrum für die reichliche Bildung spezifischer Schutzstoffe wirken soll.

Dieser Gedanke muß nach unseren heutigen Forschungsergebnissen als richtig bezeichnet werden. Dem praktischen Erfolg und namentlich seiner objektiven Beurteilung stehen aber auch hier eine ganze Reihe besonderer Schwierigkeiten entgegen. Zunächst liegt schon theoretisch das Bedenken nahe, daß je weiter sich der betreffende Tuberkelbazillenstamm vom menschlichen Tuberkelbazillus biologisch entfernt, um so geringer die Wahrscheinlichkeit wird, daß er zur Bildung von spezifischen Schutzstoffen gegen die menschliche Tuberkulose beitragen kann. Je näher der verwendete Stamm aber biologisch dem menschlichen Bazillus bleibt, um so größer wird die Gefahr, daß er sich wieder an die Verhältnisse im menschlichen Organismus anpassen kann und auch für den Menschen wieder eine mehr oder minder starke Virulenz gewinnt. Mag auch diese Virulenz in der Regel nur eine geringe bleiben, unter besonders ungünstigen immunbiologischen Kräfteverhältnissen wäre doch die Möglichkeit gegeben, daß dieser neue künstliche tuberkulöse Herd nun *keiner* überkompensierenden Abwehrleistung mehr gegenübersteht. Aus diesem Grunde sind nach meiner persönlichen Anschauung nach wie vor jene spezifischen Präparate vorzuziehen, welche für den tuberkulosefreien menschlichen Organismus indifferent sind und erst im tuberkulösen Organismus Reize setzen, die wir durch eine entsprechende Indikationsstellung und Anwendungstechnik zu einer Schritt für Schritt verfolgbaren Erhöhung der spezifischen Durchseuchungsresistenz verwerten können.

Unter den Bestrebungen, die Kaltblütertuberkulose zur Behandlung der menschlichen Tuberkulose zu verwenden, haben nur der erwähnte Blindschleichen-Tuberkelbazillenstamm von *Moeller* und die Schildkröten-Tuberkelbazillenstämme von *Friedmann* größere praktische Bedeutung erhalten. Der Blindschleichenstamm schien beson-

ders deshalb empfehlenswert, weil er sich auch bei wiederholter Warmblüterpassage nicht mehr an den Säugetierorganismus anpaßt, sondern bei Temperaturen über 25° abstirbt. Die praktischen Versuche mit diesem Stamm wurden vor ungefähr 15 Jahren begonnen, scheinen aber heute ziemlich aufgegeben worden zu sein; wenigstens sind in den letzten Jahren keine neuen Erfahrungen veröffentlicht worden.

Um so mehr steht heute das Friedmannsche Verfahren im Mittelpunkt des Interesses — leider aber nicht nur eines wissenschaftlichen Interesses.

Nachdem *Friedmann* bereits in den Jahren 1903 und 1904 mit zwei Schildkröten-Tuberkelbazillenstämmen Versuche an Tieren gemacht hatte, trat er zum erstenmal im Jahre 1912 mit Erfahrungen über Heil- und Schutzimpfungen bei menschlicher Tuberkulose mittelst eines neuen, avirulenten, natürlichen Schildkrötenstammes hervor. Diese Schildkrötentuberkelbazillen werden nach den Angaben *Friedmanns* durch zwei bis vier Jahre fortgesetztes, in kurzen Pausen wiederholtes Überimpfen auf künstliche Nährböden von der ihnen noch anhaftenden geringen Virulenz befreit. Aus ihnen werden Produkte gewonnen, die in verschiedenen Stärken zur Heil- und Schutzimpfung gegen die Tuberkulose des Menschen zur Anwendung kommen.

Und wie bei jedem neuen Tuberkuloseheilmittel, mit dem praktische Versuche in größerem Maßstabe angestellt werden, und das prinzipiell von praktischer Bedeutung scheint, begann schon in den Jahren 1913 und 1914 ein lebhafter Meinungsstreit über den Wert des Friedmannschen Verfahrens. Wir begegnen auch hier wieder neben allen den großen objektiven Schwierigkeiten, die uns das zu lösende Problem schon an sich bietet, jenen subjektiven Unzulänglichkeiten in der Urteilsbildung, die gerade auf dem Gebiete der spezifischen Tuberkulosebehandlung immer wieder so besonders auffallend in Erscheinung treten. Wir finden auch hier wieder eine Gruppe von Enthusiasten und Optimisten, die so glücklich sind, epochemachende Erfolge zu sehen, die sonst von keiner Seite bestätigt werden. Wir finden auch hier wieder das gegenteilige Extrem, eine kategorische absolute Ablehnung, die nur Mißerfolge sieht und die Möglichkeit weit von sich weist, daß nicht doch vielleicht eigene Unzulänglichkeit in der technischen Handhabung eines an sich brauchbaren Verfahrens schuld an einem Teil dieser Mißerfolge war. Eine sachliche Bedeutung kommt diesen beiden Gruppen insofern zu, als sie eine gedeihliche Entwicklung der spezifischen Tuberkulosebehandlung immer wieder schwer gehemmt haben.

Aber auch den kritisch wägenden Forscher stellt die Tuberkulose, deren wechselvoller Verlauf und langwieriger Entwicklungsgang von einer großen Zahl variabler biologischer Momente bestimmt wird, vor eine besonders schwere Aufgabe, wenn es gilt zu entscheiden, wie weit eine therapeutische Maßnahme wirklich *kausal* in diesen komplizierten biologischen Entwicklungsgang der Tuberkulose eingreift.

Nur die genaue Beobachtung der Reaktionen nach jedem einzelnen gesetzten Reiz kann hier im Einzelfall Klarheit schaffen.

Gerade diese Hauptstütze der objektiven Beobachtung fällt aber beim Friedmannschen Verfahren fort. Denn hier handelt es sich nicht um eine fortlaufende Behandlung, sondern es wird mit einer einmaligen Injektion ein künstlicher tuberkulöser Herd gesetzt, und wir stehen vor der außerordentlich schwierigen Aufgabe, die kausalen Beziehungen dieses Herdes zu eventuellen Heilungsvorgängen im Verlauf der nächsten Monate oder Jahre festzustellen. Alle übrigen biologischen Momente, die etwa auch zur Heilung beigetragen haben, müssen dabei gewissermaßen in Abrechnung gebracht werden, und dies ist ohne laufende Beobachtung bestimmter reaktiver Vorgänge in so langen Zeitperioden vielfach gar nicht möglich. Es fehlt uns also hier eine besonders wichtige Grundlage: die Beobachtung der Reaktionen, die sich bei anderen spezifischen Behandlungsmethoden unmittelbar an die einzelnen Injektionen anschließen, und uns einige Klarheit darüber geben, wie die gesetzten Reize in den Abwehrkampf des Körpers gegen die Tuberkulose eingreifen.

Auch die neuen günstigen Erfahrungen, die über Schutzimpfungen mit dem Friedmannschen Mittel veröffentlicht worden sind und bereits auf einige Hunderte von Fällen hinweisen können, stützen sich zum Teil auf recht vage Wahrscheinlichkeitsrechnungen. Es wird berechnet, wie viele der tuberkulosebedrohten Kinder *ohne* Schutzimpfung voraussichtlich an Tuberkulose erkrankt und gestorben wären. Derartige Wahrscheinlichkeitsrechnungen könnten erst auf der Grundlage einer Statistik über viele *Tausende* von Schutzgeimpften objektiven Wert erhalten, denn die Zahl der möglichen Zufälligkeiten bleibt bei einer derartigen Fragestellung für ein Material von einigen Hunderten zu groß. Und dazu kommt noch, daß heute die wichtigste Frage vollkommen offen bleibt: die Frage, ob die Schutzimpfung in einem gewissen Prozentsatz der Fälle auch imstande ist, später im 2. und 3. Lebensjahrzehnt die Entwicklung schwerer tuberkulöser Erkrankungen zu hindern. Bei der Tuberkulose müssen Jahre und Jahrzehnte in Betracht gezogen werden, um den Wert eines derartigen prophylaktischen Verfahrens sicherzustellen.

Nach meiner Überzeugung wäre es außerordentlich begrüßenswert, wenn die Sanitätsbehörden derartige umfassende Versuche, die ein Einzelner nie leisten kann, z. B. mit der Perkutanbehandlung nach *Petruschky*, in Angriff nehmen würden. Ob das Friedmannsche Verfahren heute schon zu derartigen umfassenden Versuchen ermutigt, ist aber eine Frage, über die

gewiß noch Meinungsverschiedenheiten bestehen können.

Die äußere Situation für eine derartige umfassende Arbeit mit dem Friedmannschen Mittel ist derzeit wenig günstig, denn heute ist der Streit um das Friedmannsche Verfahren leider weit über die Grenzen eines wissenschaftlichen Meinungsstreites hinausgegangen.

Wir sprechen so viel und gerne von wissenschaftlicher Objektivität und vergessen dabei immer, daß auch in der Wissenschaft *keine* produktive Arbeit frei von subjektiven Einflüssen mit allen ihren Vorzügen und Fehlern bleiben kann. Und so hat auch in der Entwicklung der Wissenschaften niemals die viel gerühmte Objektivität freie Hand gehabt, sondern wir sehen nur zu oft, daß allzu menschliche subjektive Momente in ihren Entwicklungsgang eingreifen.

Und gerade beim Friedmannschen Verfahren spielen neben allen gegebenen sachlichen Schwierigkeiten derartige subjektive Momente eine so große Rolle, daß es hier doppelt schwierig scheint, zu einer einigermaßen objektiven Wertung zu kommen.

Objektiv unbedingt einwandfrei steht auf der einen Seite die jahrelange, ernste Forschungsarbeit, die bestrebt war, schwierige biologische Probleme, welche die Lebensarbeit des Einzelnen erfüllten, zur Bekämpfung einer gefährlichen Volksseuche nutzbar zu machen. Auf der anderen Seite hat das Friedmannsche Verfahren von Anfang an unter einem recht bedauerlichen äußeren Entwicklungsgang zu leiden gehabt. Es ist mir unbekannt, ob *Friedmann* selbst die böse Reklame in verschiedenen Tageszeitungen, die bereits im Jahre 1914 einsetzte, als Propagandamittel wünschte, oder ob diese merkwürdige Art, die Lösung wissenschaftlicher Probleme zu beschleunigen, übereifrigen Freunden *Friedmanns* zur Last fällt. Die weitere unglückliche Entwicklung dieser Propaganda, die im Jahre 1912 (angesichts übler Zwischenfälle durch bakteriologisch unreine Präparate) zur polizeilichen Schließung des Friedmannschen Institutes in New York Anlaß gab und in Deutschland eine sachlich leider durchaus mißglückte Prüfung des Präparates an dem Ehrlichschen Institut zur Folge hatte, würde hier zu weit führen.

Nach dem ersten Zusammenbruch des Verfahrens ist das Präparat durch *Friedmanns* unentwegte Arbeit in verbesserter, bakteriologisch verläßlicher Form neu aufgetaucht. Die ernsten Stimmen *für* das Präparat mehren sich, die Zahl der Tuberkuloseärzte, die eine weitere vorurteilslose Prüfung verlangen, wächst.

Friedmann selbst ist entschieden vorsichtiger geworden. Er gibt das Präparat nur nach genauer Bekanntgabe der zu behandelnden Fälle ab. Und wenn er auch gerade deshalb vielfach angegriffen wird, muß man ihm in dieser Richtung nach meiner Überzeugung recht geben. Eine entsprechende Indikationsstellung ist bei *jeder* Behandlungsmethode in der ganzen Medizin von grundlegender Bedeutung, und sie wird naturgemäß von demjenigen am besten beherrscht, der die Grundlagen eines Heilverfahrens selbst ausgearbeitet hat. Und außerdem fehlt es bei der spezifischen Tuberkulosebehandlung noch ganz allgemein wirklich sehr an den Grundlagen richtiger Indikationsstellungen. Aber gerade diese von *Friedmann* nach meiner Ansicht ganz richtigerweise aufgetellte Behauptung, daß eine entsprechende Indikationsstellung bei seinem Verfahren außerordentlich wichtig und schwierig ist, lehrt uns andererseits, daß es sich noch nicht um ein Heilverfahren handeln *kann*, das man nach einfachen, von jedem Arzt leicht zu beherrschenden Vorschriften der allgemeinen Praxis übergeben könnte.

Die Situation für eine sachliche, ruhige Weiterarbeit mit dem Friedmannschen Verfahren war trotz alledem im Jahre 1918 wesentlich günstiger als früher. Da kamen wieder die guten Freunde *Friedmanns*, die, wie *Schloßmann* in der Sitzung der Preußischen Landesversammlung vom 18. September 1919 so richtig sagte, seine ärgsten Feinde sind, feierten ihn als Überwinder der Tuberkulose, erhoben Anschuldigungen gegen die alte Regierung, das Friedmannsche Mittel unterdrückt zu haben. Und politische Kreise, die noch im Jahre 1917 das Friedmannsche Verfahren als „Schwindelunternehmung" bezeichnet hatten und sich beklagten, daß solche Unternehmungen in Universitätskreisen noch immer gefördert werden, brachten Interpellationen an die neue Regierung, wie sie diese epochemachende Erfindung, welche die Menschheit von der Tuberkulose befreien wird, zu fördern gedenkt.

So ist heute das Friedmannsche Verfahren sogar zu einem Politikum geworden.

Der Forscher *Friedmann* hat auf dem spröden Kampfgebiet der Tuberkulose wie *alle* Tuberkuloseforscher harte Enttäuschungen und Rückschläge erlebt, *keinem* sind solche erspart geblieben. Den *größten* Schaden aber hat er durch den Übereifer seiner politischen Freunde erlitten, denn gegen *diese* Art wissenschaftlicher Propaganda muß sich jeder wenden, für den der Begriff der Wissenschaft mit dem Streben nach der objektiven Erkenntnis des Tatsächlichen zusammenfällt. Und dieses Streben ist ein wesentlicher Bestandteil lebensfähiger Kultur.

Auch die starre Geschlossenheit akademischer Kreise mag der Wissenschaft nicht immer zum Vorteil gereichen. Es ist höchst unerfreulich, daß so manche in ihrem Entwicklungsgang etwas abseits stehenden Talente kein entsprechendes Arbeitsfeld erlangen können, nur damit irgend einem akademischen Formalismus Genüge geleistet wird. Und speziell auf dem Gebiete der Tuberkuloseforschung ist es auch heute noch außerordentlich hemmend, daß subjektive Anschauungen und gelegentliche „Aussprüche" irgend eines bekannten Internisten, dessen Verdienste aber

auf einem ganz andern Gebiet der internen Medizin liegen, und der auf dem Gebiete der Tuberkulose überhaupt keine produktive Arbeit aufzuweisen hat, in der allgemeinen Urteilsbildung vielfach höher gewertet werden, als die Ergebnisse aus der mühevollen Arbeit bekannter Tuberkuloseforscher, die zufällig nicht auf die Würde eines akademischen Titels hinweisen können.

Alles dies sind gewiß Rückständigkeiten und Organisationsfehler, die einer Verjüngung bedürfen. Diese Verjüngung darf sich aber niemals unter politischem Drucke vollziehen. Ein solcher ist auf dem Boden der Wissenschaft schärfstens abzulehnen, von welcher Seite er immer kommen mag.

Und so kann es auch niemals Sache einer Regierung sein, in die Lösung rein wissenschaftlicher Probleme einzugreifen. Das Friedmannsche Verfahren stellt heute zwar ein sicher hochinteressantes und praktisch wichtiges — gewiß aber kein praktisch *gelöstes* Problem dar. Die Beurteilung einer eventuellen praktischen Verwendbarkeit in größerem Maßstabe kann daher nur der Entscheidung einer *fachmännischen* Prüfungskommission zustehen. Eine solche wurde bereits von der alten Regierung aufgestellt, und diese hat diesbezüglich gewiß nichts versäumt, denn damals war das Friedmannsche Verfahren nicht einmal so weit, daß bei seiner Anwendung die Möglichkeit höchst unerwünschter Zwischenfälle ausgeschaltet blieb.

Ohne uns durch irgendwelche persönlichen oder politischen Sympathien oder Antipathien leiten zu lassen, werden wir folgenden Wunsch aussprechen können. *Friedmann* soll ebenso unverdrossen wie bisher weiter arbeiten, und seiner *Arbeit* soll jede *sachliche* Förderung zuteil werden, die ihrer weiteren Entwicklung nützt. Die Politik soll aber auf diesem Gebiete schweigen und die Wissenschaft mit allzu billigen demagogischen Methoden verschonen. Die Methode ist aber selbst für die heutige Zeit etwas zu seicht, für ein Heilverfahren dadurch Reklame zu machen, daß man hochverdiente Medizinalbeamte der Parteilichkeit beschuldigt, oder dadurch, daß man durch die Tagespresse der Bevölkerung schwungvolle Artikel vorsetzt, daß ein sicheres, allgemein anwendbares Heilmittel gegen die Tuberkulose gefunden worden sei, eine rückständige Regierung aber dem Volke diese segensreiche Entdeckung vorenthalten habe.

Es läßt sich heute noch nicht mit wissenschaftlichen Methoden entscheiden, ob uns die Schildkröten *Friedmanns* den großen Segen einer wirklich durchgreifenden, erfolgreichen Tuberkulosebekämpfung bieten können. Sicher ist aber, daß sie uns auch auf dem Gebiete der Wissenschaft den Weg in einen Sumpf kulturellen Niederganges weisen, wenn es Methode werden würde, wissenschaftliche Meinungsgegensätze nicht mehr mit wissenschaftlichen, sondern mit politischen Machtmitteln auszukämpfen.

Über die Reduktion der Salpetersäure in grünen Zellen.

Von Otto Warburg, Berlin-Dahlem[1]).

Neben einigen Bakterien und Schimmelpilzen sind es vor allem die autotrophen Pflanzen, die ihren Stickstoffbedarf aus Nitraten decken. Der Stickstoff der Salpetersäure geht hierbei in die Reduktionsstufe des Ammoniaks über, mit der Assimilation des Stickstoffs ist also, summarisch betrachtet, folgender Reduktionsvorgang verbunden:

$$HNO_3 + H_2O = NH_3 + 2\,O_2 - 68\,000 \text{ cal.} \quad (1$$

Die Zahl $-68\,000$ berechnet sich nach *H. Pick*[2]) aus der Thermodynamik der Stickstoffverbindungen und bedeutet, daß die Zufuhr von 68 000 cal. Arbeit erforderlich ist, damit der Vorgang von links nach rechts abläuft.

Näheres ist über den Verlauf dieser Reduktion nicht bekannt, wohl im wesentlichen, weil sie im normalen Stoffwechsel gegen die Oxydation der Brennstoffe völlig zurücktritt und deshalb direkt nie gemessen werden konnte. *Die Nitratreduktion so zu beschleunigen,* daß sie einer direkten Messung zugänglich wurde, war die erste Aufgabe.

Als Versuchsobjekt diente eine kleine isoliert wachsende Grünalge, Chlorella vulgaris Beyerink. Bemühungen, die Reduktion hier durch Darbietung konzentrierter Nitratlösungen zu beschleunigen, waren erfolglos, dagegen fanden sich Anzeichen einer Beschleunigung in verdünnten Lösungen freier Salpetersäure. Da undissoziierte Säuremoleküle, im Gegensatz zu Salzen und Ionen, vielfach schnell in lebende Zellen eindringen, lag es nahe, weitere Versuche mit höheren Konzentrationen an *undissoziierter* Salpetersäure anzustellen. Macht man eine $^1/_{100}$ normale Salpetersäurelösung in bezug auf Nitrat $^1/_{10}$ normal, so steigt die Konzentration des undissoziierten Säureanteils auf etwa das Neunfache. *In einem derartigen Säurenitratgemisch verläuft die Reduktion der Salpetersäure so schnell,* daß sie im Dunkeln 50 %, bei Bestrahlung 150 % des Gesamtstoffwechsels ausmacht, in beiden Fällen also ohne Schwierigkeiten direkt gemessen werden kann. Eine Schädigung der Algen tritt hierbei innerhalb der Versuchszeiten nicht ein, die Zellen bleiben unverändert grün und teilungsfähig.

Die zunächst zu beschreibenden Versuche sind *Dunkelversuche.* Werden die Algen in ihrer Kulturflüssigkeit, der Knopschen Lösung, gehalten, so erscheint im Dunkeln für *ein* Volumen veratmeten Sauerstoffs *ein* Volumen Kohlensäure; die Gleichung der Atmung lautet also:

$$O_2 + C = CO_2 + 115\,000 \text{ cal.} \quad . \quad . \quad . \quad (2$$

worin $+115\,000$ cal. in abgerundeter Zahl die

[1]) Nach einem vor der deutschen Physiologentagung in Hamburg am 28. Mai gehaltenen Vortrag.

[2]) *H. Pick,* Zeitschrift f. Elektrochem. Bd. *26,* S. 182 (1920). Über die Bedingungen der Konzentrationen und Drucke vgl. die in der Bioch. Zeitschrift erscheinende ausführliche Arbeit.

Änderung der freien Energie bei Verbrennung von $^1/_6$ Mol. Glucose bedeutet.

Bringen wir die Alge aus der Knopschen Lösung in das Salpetersäure-Nitratgemisch, so steigt die Kohlensäureproduktion sofort sehr bedeutend an, auf *ein* Volumen veratmeten Sauerstoffs wird nicht *ein* Volumen Kohlensäure ausgeschieden, sondern etwa 50 % mehr. Neben der Atmungskohlensäure erscheint also in dem Nitratgemisch Kohlensäure anderer Herkunft, die wir im folgenden *Extrakohlensäure* nennen wollen.

Es läßt sich zeigen, daß die Ausscheidung der Extrakohlensäure mit einer Reduktion der Salpetersäure in Zusammenhang steht, indem *gleichzeitig mit der Extrakohlensäure* ein Reduktionsprodukt der Salpetersäure, *Ammoniak*, an die umgebende Flüssigkeit abgegeben wird. Läßt man der Alge zunächst einige Stunden Zeit, ihren Stickstoffbedarf zu decken und mißt dann gleichzeitig die Ausscheidung von Extrakohlensäure und Ammoniak, so findet man, daß mit jedem Molekül Ammoniak 2 Moleküle Extrakohlensäure erscheinen, entsprechend folgender Gleichung:

$$HNO_3 + H_2O + 2\,C = NH_3 + 2\,CO_2 + 162000 \text{ cal.} \quad (3$$

Wie also bei der Explosion des Schießpulvers Salpeter und Kohle unter Bildung von *Stickstoff* und *Kohlenoxyd* reagieren, so geht in der lebenden Zelle ein innerer Verbrennungsprozeß vor sich, der zu den Endprodukten *Ammoniak* und *Kohlensäure* führt. Diese Reaktion bedarf keiner Zufuhr von Arbeit, sondern verläuft mit einem Arbeitsgewinn von 162 000 cal.

Reagiert hier der Nitratsauerstoff mit dem Kohlenstoff organischer Verbindungen ähnlich wie der freie Sauerstoff in der Atmung, so liegen beiden Vorgängen doch durchaus verschiedene Mechanismen zugrunde, wie folgender Versuch zeigt: Die Sauerstoffatmung der Alge ist wenig empfindlich gegenüber Blausäure. Um den Verbrauch von Sauerstoff und die Bildung von Atmungskohlensäure merklich zu verlangsamen, muß die Blausäurekonzentration den hohen Wert von $^1/_{10}$ Mol pro Liter erreichen. Im Gegensatz hierzu wird die Reduktion der Salpetersäure zu Ammoniak schon durch kleine Blausäuremengen völlig gehemmt. Setzen wir einem Liter Nitratgemisch ein hunderttausendstel Mol Blausäure zu, so scheiden die Algen weder Extrakohlensäure noch Ammoniak aus, und wir haben Zellen, die zwar unverändert atmen, jedoch nicht mehr imstande sind, Salpetersäure zu Ammoniak zu reduzieren. Die Salpetersäure reagiert also mit dem Kohlenstoff der Zelle in einem Mechanismus sui generis, der sich von dem Atmungsmechanismus durch die zehntausendfache Empfindlichkeit gegenüber Blausäure unterscheidet.

Die Wirkung der Blausäure auf Lebensvorgänge beruht aller Wahrscheinlichkeit auf ihrer Fähigkeit, Schwermetalle aus einer katalytisch wirksamen Form in katalytisch unwirksame komplexe Cyanide überzuführen. Auch bei der Nitratreduktion scheinen also, wie bei so vielen andern Lebensvorgängen, Schwermetallspuren eine Rolle zu spielen.

Die bisher beschriebenen Versuche waren mit Nitratgemischen angestellt, deren Konzentration an freiem Sauerstoff durch dauerndes Schütteln mit atmosphärischer Luft auf einer bestimmten konstanten Höhe gehalten war. Lassen wir jedoch den Sauerstoffgehalt sinken, etwa indem wir in luftdicht verschlossenen Gefäßen arbeiten, so ist die Alge nicht mehr imstande, Salpetersäure zu Ammoniak zu reduzieren. Bei niedrigen Konzentrationen an freiem Sauerstoff erscheint ein anderes Reduktionsprodukt der Salpetersäure, die *salpetrige Säure*. Diese zweite Art von Reduktion, die offenbar mit der in der Natur wichtigen Reduktion zu Ammoniak nichts gemein hat, verläuft bei Sauerstoffabschluß so lebhaft, daß die Alge innerhalb weniger Stunden an *Nitrit*vergiftung zugrundegeht, wobei die grüne Farbe des Chlorophylls in braun umschlägt.

Soviel über die Versuche im Dunkeln. Was den Einfluß der *Bestrahlung* auf die Nitratreduktion anbetrifft, so sind zunächst einige frühere Arbeiten zu erwähnen. *Schimper*[1]) verfolgte mittels der Diphenylaminprobe das Schicksal der Nitrate in grünen Blättern und beobachtete, daß der Nitratgehalt nur bei Bestrahlung merklich abnahm. *Godlewski*[2]) stellte Stickstoffbilanzen für dunkel und hell gezogene Weizenkeimlinge auf und kam zu dem Schluß, daß „das Licht auf die Verarbeitung der Nitrate — begünstigend einwirkt". *Godlewskis* Auffassung gilt heute allgemein als richtig, geteilt sind die Ansichten nur über die Art und Weise, wie dieser begünstigende Einfluß des Lichts zustandekommt. Hierüber geben, wie ich glaube, die Bestrahlungsversuche mit Chlorella nähere Aufschlüsse.

Bestrahlen wir die Alge in dem Nitratgemisch, so erscheint mehr Ammoniak und gleichzeitig etwa *dreimal soviel Extragas, als im Dunkeln. Dieses Extragas* ist jedoch nicht, wie in den Dunkelversuchen, Kohlensäure, sondern *Sauerstoff*. Summarisch formuliert, entspricht der Vorgang Gleichung 1, indem die erforderlichen 68 000 cal. Arbeit durch die absorbierte Strahlung geleistet werden.

Aus der Tatsache, daß im *Dunkeln* Ammoniak und Kohlensäure, bei *Bestrahlung* Ammoniak und Sauerstoff als Endprodukte auftreten, darf nicht geschlossen werden, daß der Verlauf der Nitratreduktion in beiden Fällen ein verschiedener ist. Im Gegenteil war von vornherein wahrscheinlich, daß die Salpetersäure in beiden Fällen in demselben, durch Bestrahlung nur beschleunigten Mechanismus reduziert werde; bei Bestrahlung käme

[1]) *F. W. Schimper*, Bot. Zeit. Bd. *46*, S. 65 (1888).
[2]) *E. Godlewski*, Extrait Bull. Acad. Scienc. Cracovie, Juin 1903.

dann als zweiter, von der Nitratreduktion unabhängiger Vorgang die Kohlensäureassimilation hinzu und würde die bei der Nitratreduktion entstehende Kohlensäure in Sauerstoff und Kohlenstoff zurückverwandeln. Aus der Bilanz fällt so die Kohlensäure heraus, wie sich durch Addition der Gleichungen der inneren Verbrennung (3) und der Kohlensäureassimilation (4) ergibt:

$$HNO_3 + H_2O + 2C = NH_3 + 2CO_2 + 162\,000 \text{ cal.} \quad (3$$
$$2CO_2 = 2C + 2O_2 - 230\,000 \text{ cal.} \quad (4$$
$$HNO_3 + H_2O = NH_3 + 2O_2 - 68\,000 \text{ cal.} \quad (1$$

Durch einen einfachen Versuch läßt sich zeigen, daß diese Auffassung richtig ist. Die Kohlensäureassimilation ist besonders empfindlich gegen Narkotika, schon sehr geringe Mengen dieser Stoffe heben die Fähigkeit der Zelle, Kohlensäure photochemisch zu reduzieren, völlig auf. Im Gegensatz hierzu ist die innere Verbrennung nach Gleichung 3 gegen Narkotika unempfindlich. Wir können uns also Zellen verschaffen, in denen der Vorgang nach Gleichung 3 wenig beeinflußt, der Vorgang nach Gleichung 4 völlig gehemmt ist. Bestrahlen wir derartige Zellen, so muß, wenn unsere Auffassung richtig ist, *mehr Kohlensäure* erscheinen, als im Dunkeln. In der Tat steigt *die Ausscheidung an Extrakohlensäure auf das Dreifache,* wenn wir narkotisierte Zellen bestrahlen.

Wir haben also in grünen Zellen zwei durchaus verschiedene Wirkungen der Bestrahlung zu unterscheiden, neben der Kohlensäureassimilation, in der die absorbierte Strahlung Arbeit leistet, die Beschleunigung eines von selbst verlaufenden Vorgangs. Beiden Wirkungen scheint derselbe photochemische Primärvorgang zugrunde zu liegen, da Strahlen verschiedener Wellenlänge die Nitratreduktion nach Maßgabe ihrer Absorption durch das Chlorophyll beschleunigen.

Die organische Elementarsynthese in der Technik.

Von Erich Baum, Solln b. München.

(Fortsetzung.)

Ein altes Problem der organischen Technik ist die Darstellung von „Mineralspiritus", d. h. die Darstellung von Äthylalkohol durch Synthese. Bereits um die Mitte des vorigen Jahrhunderts dachte man daran, Äthylen, das als Nebenprodukt der Mineralölfabrikation leicht zugänglich schien, mittels Schwefelsäure in Äthylschwefelsäure zu überführen und diese dann in Schwefelsäure und Äthylalkohol zu spalten[1]). Die Durchführung des Verfahrens scheiterte an dem großen Schwefelsäureverbrauch[2]). Übrigens ist seine Anwendung auf Äthylen aus Kokereigas neuerdings in England wieder vorgeschlagen worden[3]).

[1]) *Wagners* Jahr. Ber. d. Chem. Techn. 1856, *2*, 245.
[2]) Chem. Ind. 20 266 (1897).
[3]) Ztschr. f. Carbid u. Acetylen 1919, 72.

Die technische Lösung dieser Aufgabe, die Alkoholsynthese, ist im Gefolge einer Reihe anderer wichtiger Synthesen in den letzten Jahren vom Acetylen aus — über den *Acetaldehyd* — gelungen.

Kutscherow[1]) hatte bei der Einwirkung von Acetylen auf Quecksilberchloridlösung die Bildung eines weißen Niederschlags beobachtet, der beim Erwärmen mit Salzsäure Acetaldehyd liefert. Es findet, wenn man die Reaktion unter Vernachlässigung der Rolle betrachtet, die dabei die Quecksilberverbindung, ein Trichlormercuriacetaldehyd[2]) spielt, eine Anlagerung von Wasser an Acetylen unter Bildung von Acetaldehyd statt:

$$C_2H_2 + H_2O = CH_3CHO.$$

Schon 1895 wurde vorgeschlagen, durch Reduktion (mittels Zink und Säuren) aus dem so erhaltenen Aldehyd Alkohol zu gewinnen[3]); eine praktische Durchführung dieses Vorschlages war natürlich ausgeschlossen.

Später wurde beobachtet, daß auch Schwefelsäure die Bildung von Acetaldehyd aus Acetylen und Wasser in geringem Umfang bewirkt[4]); die Reaktion tritt in Spuren übrigens bereits beim Erhitzen von Acetylen und Wasser mit Holzkohle auf 300 ° ein[5]). *Erdmann* und *Köthner* versuchten die Wirkung von Quecksilbersalz und Schwefelsäure zu vereinigen, indem sie Acetylen durch kochende wässerige Schwefelsäure unter Zusatz von Quecksilbersulfat[6]) leiteten. Obgleich dabei die Ausbeute an Acetaldehyd nur sehr gering war, hatte *Erdmann* bereits in einem Festvortrag[7]), der das Gebiet der Acetylenverwertung für damalige Verhältnisse allzu optimistisch darstellte, die kontinuierliche Herstellung des „Mineralspiritus" auf diesem Wege in Aussicht gestellt.

A. Wunderlich hat dann gefunden[8]), daß beim Arbeiten mit schwefelsauren Quecksilbersalzlösungen unterhalb der Siedetemperatur Acetaldehyd in guter Ausbeute erhalten wird[9]).

Unabhängig von *Wunderlich* hat später *N. Grünstein*[10]) sich dem Studium der Reaktion eingehend gewidmet und ist zu einer ähnlichen Arbeitsweise gelangt[11]). Er hat seine Erfahrungen in einer Reihe von Patenten niedergelegt[12]). *Grünstein* arbeitet mit Lösungen von Quecksilbersalz und Schwefelsäure bei niederen Temperaturen,

[1]) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. *17*, 13.
[2]) *Biltz* und *Mumm*, Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. *37*, 4417.
[3]) Chem. Ind. 1895, 458.
[4]) Ann. de Chim. de Phys. (6) *15*, 268; Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. *10*, 637.
[5]) Bull. de la Soc. Chim. 11 362.
[6]) Ztschr. f. anorg. Chem. *18*, 55.
[7]) Chem. Ztg. 1898, 869.
[8]) Pat. Anm. W. 27 177 Kl. 12o vom 9. 2. 1907. *Friedländer*, Fortschritte der Teerfarbenfabrikation, *IX*, 55.
[9]) Ztschr. f. ang. Chem. 1918, 180; 1919, 132.
[10]) *N. Grünstein*, Ztschr. f. angew. Chem. 1919, 104.
[11]) Ztschr. f. angew. Chem. 1919, 32.
[12]) Ztschr. f. angew. Chem. 1919, 104.

am besten 15—25° (im französischen Patent 425 057 wird als oberste Temperatur 70° genannt). Der gebildete Aldehyd reichert sich in der Reaktionsflüssigkeit, die von Zeit zu Zeit vom ausgeschiedenen Quecksilbersalz abfiltriert wird, an und wird nach ihrer Verdünnung mit Wasser daraus abdestilliert; bei längerem Stehen vor dem Verdünnen bilden sich aus dem Acetaldehyd zunehmende Mengen Crotonaldehyd. Das abfiltrierte Quecksilbersalz wird wieder für die Reaktion verwendet. Bei Ersatz der Schwefelsäure durch andere Säuren muß das Acetylen bei niederer Temperatur eingeleitet werden, der gebildete Aldehyd wird unter Unterbrechung des Acetylenstromes bei höherer Temperatur abdestilliert. Der Aldehyd kann auch durch Aussalzen oder Ausschütteln mit einem geeigneten Lösungsmittel gewonnen werden[1]). Ersetzt man die Schwefelsäure durch andere Säuren, so ist bei Verwendung in höherer Konzentration ein längeres Arbeiten ohne Wechsel der Arbeitstemperatur wie früher bei Anwendung von Schwefelsäure möglich[2]). Weitere Patente schützen die Verwendung luftfreien Acetylens, da Luft eine spezifisch schädigende Wirkung ausübt[3]) und das Abdestillieren des gebildeten Aldehyds im Vakuum unter Absorption im Wasser[4]).

Das Consortium für elektrochemische Industrie verwendete schwefelsaure Quecksilberverbindungen als Katalysatoren bei einer maximalen Schwefelsäurekonzentration von 6 % „SO_4“ und bei Temperaturen, bei denen der gebildete Aldehyd dampfförmig entweicht[5]). Ferner leitete die Firma einen Überschuß von Acetylen durch den Reaktionsapparat und einen Kondensationsapparat zur Abscheidung des im Acetylen enthaltenen Aldehyds und führte das vom Aldehyd befreite Acetylen dem Reaktionsapparat wieder zu[6]). Hierdurch wurde die Acetylenaufnahme wesentlich beschleunigt, kontinuierliches Arbeiten und die zur weiteren Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit erwünschte Anwendung konzentrierterer Säure — auch in der Wärme — wurden möglich. Durch den Überschuß des Acetylens wird nämlich eine die Acetylenaufnahme hemmende Ansammlung des gebildeten Aldehyddampfes im Gasraum des Reaktionsapparates verhindert, zugleich wird der Aldehyd der Reaktionsflüssigkeit entzogen, in der er sich bei der bisherigen Arbeitsweise anreicherte und bei Anwendung konzentrierterer Säure, zumal bei höherer Temperatur[7]), verharzte. Dem Verfahren ist übrigens in Deutschland[8]) der Patentschutz versagt worden, weil schon *Erdmann* und *Köthner* Acetylen im Überschuß[9]) angewandt haben[1]). Die Reaktionsgefäße können wegen der Natur des Prozesses nur aus keramischem Material hergestellt werden; die Abführung der großen Reaktionswärme machte deshalb Schwierigkeiten. Das Consortium für elektrochemische Industrie erreichte die Beseitigung dieser Schwierigkeit ebenfalls durch den kreisenden Acetylenstrom, der mit steigender Temperatur zunehmende Mengen Wasser verdampft[2]). Es läßt sich so bei einer bestimmten Temperatur die gesamte Reaktionswärme durch Wasserverdampfung abführen; die Temperatur dieses „Wärmegleichgewichtes“ hängt von der Stärke der Zirkulation ab. Das verdampfte Wasser wird dauernd durch Frischwasser ersetzt.

Die Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co. verwendeten an Stelle von Schwefelsäure aromatische Sulfosäuren, besonders Benzolsulfosäure[3]).

Alle Patente betonen die Notwendigkeit starker Rührung; dies ist erklärlich, weil der Träger der Reaktion, die Acetylenquecksilberverbindung, ein schwerer Niederschlag ist, der dauernd mit dem Acetylengas in inniger Berührung gehalten werden muß, und der sich bei nicht ausreichender Rührung sofort zu Boden setzt.

Das Consortium für elektrochemische Industrie setzte der Reaktionsflüssigkeit Ferrosalz zu[4]). Dadurch wird die Reaktionsgeschwindigkeit vergrößert und bei Verwendung konzentrierterer Säure die Verharzung vermindert. Ein ähnliches Verfahren späteren Anmeldungsdatums beschrieb S. *Utheim*[5]).

Hibbert und *Norton* (Union Carbide Company) verminderten in der Reaktionsflüssigkeit durch Zusatz der Salze schwacher Säuren wie Borax[6]) oder durch Zufügen von Natriumsulfat[7]) die Wasserstoffionen-Konzentration, um Verharzung zu vermeiden, gegenüber den vorher bekannten Verfahren kaum ein Fortschritt.

Dreyfus[8]) beschrieb ein Verfahren, das gegenüber den bekannten wenig Neues bietet, aber wegen der genauen Beschreibung der Arbeitsweise erwähnt sei. Er verwendet eine Schwefelsäure von 6—20 %, 3—6 % Quecksilberoxyd (auf das Gewicht der Reaktionsflüssigkeit), Acetyleneinleitung bei 25—40° (je nach Schwefelsäurekonzentration), Abdestillieren unter Unterbrechen der Acetyleneinleitung bei 50—60°, Wiederabkühlen und erneute Acetyleneinleitung bei der früheren Temperatur; Reinigung des Acetylens von Phosphorwasserstoff usw.; Verwendung eines anfangs schwachen Acetylenstromes, bis sich der Quecksilberniederschlag grauschwarz färbt, dann wird der Acetylenstrom so weit verstärkt, daß eben noch die gesamte eingeleitete Acetylenmenge ab-

[1]) D.R.P. 250 356, 253 708.
[2]) D.R.P. 253 707.
[3]) D.R.P. 267 260.
[4]) D.R.P. 270 049.
[5]) Franz. Pat. 455 370.
[6]) Schweiz. Pat. 65 921.
[7]) Vgl. z. B. D.R.P. 250 356.
[8]) Ztschr. f. angew. Chem. 1919, 396.
[9]) Ztschr. f. anorg. Chem. *18*, 55.

[1]) Ztschr. f. angew. Chem. 1919, 32.
[2]) Schweiz. Pat. 71 990, Zus. z. Hauptpat. 65 921.
[3]) D.R.P. 291 794.
[4]) D.R.P. 309 103, Zus.-Pat. 309 104.
[5]) Norweg. Pat. Anm. 9951.
[6]) Amerikan. Pat. 1 213 486.
[7]) Amerikan. Pat. 1 213 487.
[8]) Französ. Pat. 487 411.

sorbiert wird; Wasserzugabe entsprechend dem Verbrauch; Erwärmen der Flüssigkeit vor der Acetyleneinleitung auf ca. 100 °, bis alles Quecksilbersalz gelöst ist, dann Abkühlung auf die Einleitungstemperatur, wodurch eine besonders reaktionsfähige Quecksilberverbindung entstehen soll; starke Rührung und Anwendung eines Überdruckes von 0,5 Atm. Das Verfahren dürfte schon seines diskontinuierlichen Charakters halber kaum technische Bedeutung besitzen. Von dem gleichen Anmelder stammen eine große Anzahl besonders französischer Patente aus dem Gebiet der Acetylenverwertung (besonders auch Essigsäuredarstellung), die in der Hauptsache nur Wiederholungen älterer Gedanken anderer Erfinder sind. Das Gleiche gilt von einer großen Anzahl von anderen Patenten französischer, englischer und amerikanischer Herkunft, die während des Krieges angemeldet wurden und einfach aus Deutschland stammende Erfindungsgedanken beanspruchen; ihre Anführung erübrigt sich.

Durch eine Nebenreaktion wird bei allen diesen Verfahren die wirksame Quecksilberverbindung (unter gleichzeitiger Oxydation von Acetaldehyd zu Essigsäure) zu Metall reduziert, entsprechend dem Verbrauch muß wieder Quecksilbersalz zugeführt werden. Das entstandene Quecksilber scheidet sich der Hauptmenge nach schließlich in blanker Form — als Regulus — ab[1]) und kann durch einen Stutzen am Boden des Reaktionsgefäßes abgezapft werden. Das Quecksilber scheidet sich aber auch zuweilen als ein mehr oder minder schmieriger, silberweißer bis grauschwarzer Schlamm ab, der zur Weiterverarbeitung zunächst wieder in regulinisches Metall umgewandelt werden muß.

Griesheim-Elektron entzog deshalb den Quecksilber-Katalysator dem Prozeß, wenn seine katalytische Wirkung nachzulassen beginnt und behandelte größere Mengen in sauerer Lösung bei höherer Temperatur mit Acetylen[2]), wobei unter Entfaltung einer brauchbaren katalytischen Wirkung ein großer Teil in flüssiges Quecksilber übergeht. Der Rest wird gewaschen und in einem eisernen Kessel mit direkter Flamme zur Verkohlung der beigemengten organischen Substanz erhitzt. Es soll so das Quecksilber vollständig in flüssiger Form gewonnen werden[3]). Das Consortium für elektrochemische Industrie behandelte zur Überführung in Regulus den Schlamm — evtl. direkt in der sauren Reaktionsflüssigkeit — mit geringe Mengen Wasserstoff entwickelnden Metallen[4]), insbesondere Eisen oder Zink oder es behandelte die Schlämme mit Lösungen solcher Stoffe, die Quecksilbersalz in komplexe oder unlösliche Form überführen[5]). Die Wirkung der zuletzt genannten Maßnahme beruht auf der Beseitigung geringerer Mengen Quecksilbersalze, deren Gegenwart das Zusammenfließen verhindert.

Die Rückführung des regulinischen Quecksilbers in die katalytisch wirksame Oxydform erfolgt durch Behandeln mit konzentrierter Schwefelsäure oder besser durch elektrolytische anodische Oxydation zu Quecksilberoxyd in Sodalösung. Die Quecksilberanode bedeckt sich dabei mit einer braunen Schicht von Oxyd, die dauernd durch Abspülen mit der Elektrolytflüssigkeit oder auf andere Weise entfernt wird. Man erhält so ein Gemisch von Quecksilberoxydul, Oxyd und Quecksilbermetall, das der sauren Reaktionsflüssigkeit wieder zugesetzt wird[1]). Das Elektrizitätswerk Lonza suchte die Bildung von lockerem Quecksilberoxyd mit möglichst geringen Quecksilbereinschlüssen zu erreichen, indem sie die Quecksilberanode dauernd mit einer ungestörten Lage des entstehenden Quecksilberoxyds bedeckt hält[2]). *Matheson* führte die Elektrolyse in einer kreisförmigen Zelle aus, in der das gebildete Oxyd durch Rühren aufgewirbelt und mit einem Teil des Elektrolyten periodisch abgelassen wird[3]). Das Consortium für elektrochemische Industrie fand, daß bei der Elektrolyse in sodaalkalischer Lösung die Stromausbeute, die sonst ca. 80 % beträgt, durch Zusatz von Kochsalz, Halogen- und verschiedenen anderen Salzen bis nahe zur theoretischen erhöht wird[4]); in gleicher Weise wirkten Substanzen, die den Charakter von Schutzkolloiden besitzen, wie Leim, Stärke, gebrauchte Zellstofflauge usw.; solche Substanzen bewirken zugleich die Bildung eines sich aus der Flüssigkeit langsam absetzenden Quecksilberoxyds, das sich leicht durch Sedimentieren von dem bei der elektrolytischen Darstellung stets mitgerissenen metallischen Quecksilber trennen läßt[5]); auch durch nachträgliche Behandlung mit solchen Substanzen ließ sich Quecksilberoxyd in die gewünschte Modifikation überführen[6]). Für die Ökonomie des Verfahrens ist natürlich die Verwendung eines hochprozentigen, quecksilberarmen Oxyds zur Verminderung des Quecksilberumlaufs wesentlich. In eigenartiger Weise bewirkte das Elektrizitätswerk Lonza die Überführung des Metalles in sehr reines pulverisches Quecksilberoxyd[7]). Nach der Gleichung

$$2\,Hg + N_2O_4 + 2\,O = Hg_2(NO_3)_2$$

stellt die Erfinderin in einem mit Rückflußkühler versehenen eisernen Kessel durch Einwirkung von flüssigem Stickstoffdioxyd und Sauerstoff auf Quecksilber bei niederer Temperatur und Atmosphärendruck Mercuronitrat dar.

[1]) Französ. Pat. 455 370.
[2]) Schweiz. Pat. 72 626.
[3]) D.R.P. 307 518.
[4]) D.R.P. 319 476.
[5]) D.R.P. 317 703.

[1]) Französ. Pat. 455 370.
[2]) Schweiz. Pat. 79 338.
[3]) Britisches Pat. 132 560.
[4]) Schweiz. Pat. 83 124.
[5]) D.R.P. 315 656.
[6]) D.R.P. 315 657.
[7]) D.R.P. 310 994.

Durch darauffolgendes Erhitzen wird dieses nach der Gleichung

$$Hg_2(NO_3)_2 = 2\,HgO + 2\,NO_2$$

in Quecksilberoxyd und durch einen Kühler zu kondensierendes N_2O_4 zersetzt, das von neuem in den Prozeß eintritt. Das Verfahren bewirkt also die Oxydation von Quecksilber mittels Sauerstoff unter Verwendung von Stickoxyd als Katalysator.

Die Farbwerke vorm. Meister, Lucius & Brüning bewirkten im Gegensatz zu den zuvor besprochenen Verfahren die Regeneration des Quecksilberkatalysators unmittelbar in der Reaktionsflüssigkeit selbst. Sie setzen der Reaktionsflüssigkeit schwache Oxydationsmittel wie Ferrisalze und Manganisalze zu, die das sich abscheidende Quecksilber durch Oxydation wieder in wirksames Metallsalz verwandeln, wobei die Salze selbst in die Oxydulstufe übergehen. An Stelle der Quecksilberregeneration außerhalb des Reaktionskessels tritt somit die Regeneration des Oxydationsmittels[1]). Die gleiche Firma fand weiter, daß man an Stelle der schwachen Oxydationsmittel, die auf Acetylen, Aldehyd usw. nicht verändernd einwirken, auch starke Oxydationsmittel wie z. B. Chromate, Wasserstoffsuperoxyd, verwenden kann[2]), wenn man für rasche Entfernung des gebildeten Aldehyds mittels des früher erwähnten zirkulierenden Acetylenstromes sorgt. Weitere Patente schützen die Oxydation des Quecksilbers durch Ferrisalz nach erfolgter Abscheidung des Quecksilbers, getrennt vom Vorgang der Aldehydbildung, praktisch aber ebenfalls innerhalb der Reaktionsflüssigkeit, die dann wieder verwendet wird[3]), sowie die Verwendung von Quecksilber statt Quecksilbersalz als Katalysator, das durch Eisensalze in katalytisch wirksame Form überführt wird[4]). Die Gesellschaft für chemische Industrie in Basel will die Regeneration des Quecksilberkatalysators ebenfalls innerhalb der Reaktionsapparatur durch anodische elektrolytische Oxydation bewirken, wozu sie eine Diaphragmenzelle einbaut. Das Verfahren, das einem ähnlichen älteren bei der Esssigsäuredarstellung zu besprechenden ähnelt, dürfte von vornherein an apparativen Schwierigkeiten scheitern[5]).

Im Anschluß sind einige Verfahren zu besprechen, die nicht die Reaktion zwischen Acetylen und Wasser, sondern eine solche zwischen Essigsäure und Acetylen verwerten.

Die chemische Fabrik Griesheim-Elektron fand, daß durch Einwirkung von Acetylen bei Gegenwart von Quecksilbersalzen auf Körper mit Hydroxyl- und Carboxylgruppen, Ester und Äther des hypothetischen Äthylidenglycols entstehen[1]). Man erhält so aus Essigsäure und Acetylen nach der Gleichung

$$2\,CH_3COOH + CH \equiv CH = \begin{matrix} CH_3COO \\ CH_3COO \end{matrix}\!\!>\!CHCH_3$$

in einer Ausbeute von 80—90 % Äthylidendiacetat, einen Körper, der bisher nur aus Essigsäurehydrid und Acetaldehyd darstellbar war. Daneben entsteht nach der Gleichung

$$CH_3COOH + CH \equiv CH = CH^3COO{-}CH = CH_2$$

Vinylacetat, das sich durch Erhitzen mit Essigsäure in Äthylendiacetat umwandeln läßt[2]). Das Äthylidendiacetat ist, wie die Bosnische Elektrizitätsaktiengesellschaft fand, seinerseits — eine Umkehrung der älteren Darstellungsweise — wieder in Essigsäureanhydrid und Acetaldehyd spaltbar. Die Bosnische Elektrizitäts-Aktiengesellschaft bewirkte die Spaltung durch Katalysatoren, indem sie z. B. Äthylidendiacetat mit Schwefelsäure erwärmte oder seine Dämpfe über erhitzten Bimsstein leitete[3]). *Boiteau* stellte durch Einwirkung von 1 Mol Acetylen auf 2 Mole Essigsäure bei Gegenwart von Quecksilbersulfat und Kaliumbichromat als Katalysatoren bei 110° direkt Essigsäureanhydrid dar[4]). Besonders glatt soll sich die Spaltung des Diacetats nach Patenten der Société Chimique des Usines du Rhône vollziehen, wenn man Äthylidendiacetat unterhalb seines Siedepunktes im Vacuum mit Schwefelsäure erhitzt[5]). Es dient also bei der Kombination von Reaktionen, die vom Acetylen zu Essigsäureanhydrid führen, das Acetylen, indem es sich mit Wasser zu Aldehyd vereinigt, als wasserabspaltendes Mittel. Durch eine ähnliche Wasserabspaltung bewirkten die Farbwerke vorm. Meister, Lucius & Brüning die Esterbildung aus Alkoholen und der betreffenden Säure, indem sie auf das Gemisch bei Gegenwart mineralsaurer Quecksilbersalze Acetylen einwirken ließen[6]).

Das Consortium für elektrochemische Industrie leitete Acetylen in Essigsäure bei Gegenwart von Quecksilbersalzen, und fügte auf ein Äquivalent Acetylen ein Äquivalent Wasser zu; dabei entsteht in glatter Reaktion Acetaldehyd[7]). An Stelle des Diacetats entstehen also Acetaldehyd und Essigsäure, dessen Hydratationsprodukte. Gegenüber den mit wässerigen Quecksilbersalzlösungen arbeitenden älteren Verfahren hat diese Darstellungsmethode den Vorteil einer beschleunigten Acetylenabsorption; die Acetylenaufnahme erfolgt etwa fünfmal so rasch als bei diesen Verfahren.

Es seien endlich einige Versuche zur Darstellung des Acetaldehyds aus Acetylen und Wasser *ohne Quecksilberkatalysatoren* erwähnt.

[1]) D.R.P. 292 818.
[2]) D.R.P. 299 467.
[3]) D.R.P. 299 466.
[4]) D.R.P. 293 070.
[5]) Schweiz. Pat. 78 275.

[1]) D.R.P. 271 381; vgl. auch *Boiteau*, Brit. Pat. 15 919, ferner Société chimique des Usines du Rhône, Schweizer Pat. 78 107, 78 108.
[2]) D.R.P. 313 699.
[3]) D.R.P. 284 996.
[4]) Franz. Pat. 474 828.
[5]) Brit. Pat. 8810.
[6]) D.R.P. 315 021.
[7]) Schweiz. Pat. 74 466.

Oben hatten wir gesehen, daß sich Acetylen und Wasser z. B. beim Erhitzen mit Holzkohle auf 300 ° spurenweise zu Aldehyd vereinen[1]). Acetaldehyd entsteht auch in geringer Menge beim Durchleiten von Acetylen durch eine mit Salpetersäure angesäuerte Aufschwemmung von Platinmohr in Wasser[2]) sowie beim Überleiten von feuchtem Acetylen über eine poröse Porzellanoberfläche bei 380 ° unter vermindertem Druck[3]). *Tschitschibabin*[4]) untersuchte die Einwirkung verschiedener Metalloxyde auf die Kondensation von Äthylen und Acetylenkohlenwasserstoffen; er arbeitete besonders mit den Oxyden dreiwertiger Metalle, des Aluminiums, Eisens und Chroms. Aus Acetylen und Ammoniak erhielt er mittelst Al_2O_3 Pyridinbasen (etwas oberhalb 300 °). Dabei entstanden zuweilen kleine Mengen Aldehydammoniak, und zwar entstand diese Verbindung aus Acetaldehyd, der sich aus Acetylen und Spuren von Wasser gebildet hatte. Beim Überleiten von feuchtem Acetylen und Ammoniak über Schwermetalloxyde (FeO, ZnO, NiO) entstand Aldehydammoniak als Hauptprodukt, bei Abwesenheit von Ammoniak ein flüssiges Produkt, in dem außer hochsiedenden Verbindungen Acetaldehyd und Crotonaldehyd nachweisbar waren. Auf den Ergebnissen dieser Untersuchung baut ein Verfahren der Chemischen Fabrik Rhenania weiter[5]). Sie leitet die zu kondensierenden Gase: Acetylen (eventl. unter Verdünnung mit neutralen Gasen) in Mischung mit Ammoniak oder Wasser über Kontaktsubstanzen, die aus durch Acetylen reduzierbaren Metallverbindungen bestehen, und zwar besonders solchen des Eisens. Die natürlich vorkommenden Hydrate des Eisenoxyds, Raseneisenerz oder eisenhaltiger Bauxit sind besonders geeignet; auch die Gegenwart anderer Hydrate, der Magnesia, des Aluminiumoxyds und wasserhaltiger Silikate, die ihr Hydratwasser erst bei hohen Temperaturen abgeben, wirkt günstig. Günstig wirken ferner eine teilweise Reduktion der Katalysatoren vor Benützung der Zusatz von Sauerstoff abgebenden Substanzen oder Beimischung von Sauerstoff zu den Reaktionsgasen wie der Zusatz verschiedener anderer Substanzen. Zur Regenerierung behandelt man den Katalysator bei hoher Temperatur mit Wasserdampf und Sauerstoff und dann eventl. bei tieferer Temperatur mit Wasserdampf allein, um das verdampfte Hydratwasser wieder zu ersetzen. Beim Überleiten von Acetylen und Wasserdampf (im Verhältnis 1 : 4) über Raseneisenerz bei 400 ° erhält man 15—16 % der theoretischen Ausbeute an Acetaldehyd neben Kondensationsprodukten. Gleiche Teile Acetylen und Ammoniak bei 350 bis 380 ° über Bauxit geleitet, geben neben stickstoffhaltigen Basen bis zu 50 % Acetonnitril. Die Darstellung des zuletzt genannten Körpers scheint am günstigsten zu verlaufen.

Scheller[1]) (die entsprechenden englischen Patente gehören der Deutschen Gold- und Silber-Scheideanstalt) leitete eine Mischung von 400 Volumen Wasserdampf und 1 Volumen Acetylen — Wasserdampf also in großem Überschuß — über auf 600 ° erhitzten Asbest, der mit Molybdänsäure imprägniert war. Dabei ist die Reinheit des Acetylens wesentlich; sorgfältig von Phosphorwasserstoff befreites Acetylen lieferte 17 % der Theorie an Acetaldehyd, bei ungenügender Reinigung war die Ausbeute weit geringer. Ein weiteres Patent[2]) schützt die Regenerierung des Katalysators durch Überleiten von Sauerstoff bei hohen Temperaturen und bei Abwesenheit von Katalysatorgiften, ähnlich also dem Verfahren der Rhenania.

Diese katalytischen thermischen Verfahren sind noch nicht technisch reif; bei glattem Verlauf würden sie natürlich gegenüber den mit Quecksilbersalzlösung arbeitenden Vorteile bieten.

Damit haben wir die Geschichte der Darstellung von Acetaldehyd aus Acetylen in den Hauptzügen kennen gelernt. Unter allen technischen Elementarsynthesen hat diese, ihrer Wichtigkeit entsprechend, die eingehendste Bearbeitung gefunden. Die Verwertung des Kohlenstoffs im Carbid für die organische Synthese hat gegenwärtig eine besonders hohe Bedeutung für Deutschland, weil bei Stromerzeugung durch Wasserkraft die so wertvoll gewordene Kohle in diesem Prozeß nicht als *Brennstoff*, sondern, abgesehen natürlich von gewissen Mengen Dampf, die der Prozeß erfordert, als *Rohstoff* dient. Die Kohle liefert zunächst bei der Destillation Steinkohlenteer mit seinem Gehalt an hochwertigen Zwischenprodukten und bildet dann als Koks das Rohmaterial für den elektrischen Carbidofen. Während des Krieges sind in Deutschland sehr große Anlagen entstanden, die Carbid für die Herstellung von Kalkstickstoff erzeugten. Wie weit dieser als Düngemittel mit den nach dem Haberverfahren erzeugten Ammonsalzen konkurrieren kann, ist ungewiß. Die Carbidindustrie setzt für den Fall, daß nicht die gesamte Carbidproduktion in Form des Kalkstickstoffs abgesetzt werden kann, ihre Hoffnungen zum erheblichen Teil auf die Umwandlung des Acetylens in Acetaldehyd und seine Derivate.

(Schluß folgt.)

[1]) Bull. de la Soc. chim. *11*, 362.
[2]) Chem. Zentralblatt 1905, 1, 1585.
[3]) Journ. of the Chem. soc. of London *87*, 1244.
[4]) Journ. d. russ. physikal.-chem. Ges. *47*, 703.
[5]) Brit. Pat. 109 983.

[1]) Amerikan. Pat. 1 244 901.
[2]) Amerikan. Pat. 1 244 902.

Besprechungen.

Dorno, C., Physik der Sonnen- und Himmelsstrahlung. Sammlung „Die Wissenschaft" Bd. *63*. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn, 1919. VIII, 126 S., 13 Fig. und 3 Tafeln. Preis geh. M. 6,—; geb. M. 8,— + T.

Der Inhalt des von einem der besten Kenner des behandelten Gebietes für weitere Kreise leicht ver-

ständlich geschriebenen Werkchens gliedert sich gemäß dem Titel in die zwei Hauptabschnitte: Sonnenstrahlung und Himmelsstrahlung. Bei beiden wird in spektraler Beziehung die aus methodischen und anderen Gründen zu empfehlende Unterscheidung zwischen Wärmestrahlung, Helligkeitsstrahlung und ultravioletter Strahlung gemacht. Jedes der drei Spektralgebiete wird gesondert behandelt. Neben einer das Wesentliche klar erkennen lassenden Beschreibung der Forschungsmethoden enthält jeder Abschnitt reichliches, in übersichtlichen Tabellen zusammengestelltes Beobachtungsmaterial, das jedem an dem Gegenstand Interessierten sehr willkommen sein wird. Stets wird besonders das medizinische und biologische, überhaupt das allgemeine Interesse an der Erforschung der Sonnen- und Himmelsstrahlung betont.

Einiges aus dem Inhalt, zu dem Referent hier und da Bemerkungen zu machen hat, möge ausdrücklich erwähnt werden. In den vorbereitenden Betrachtungen werden die zum Hauptgegenstand in enger Beziehung stehende Konstitution der Erdatmosphäre, ihre Durchlässigkeit und die Schwankungen derselben vielleicht etwas zu knapp behandelt. Der astronomische Leser sei übrigens auf die vom astronomischen Gebrauch verschiedene Fassung des Begriffes „Extinktion" aufmerksam gemacht. Auch die Frage der Veränderlichkeit der Sonnenstrahlung (d. h. der extraterrestischen) ist im Verhältnis zu ihrer Wichtigkeit wohl etwas zu kurz gekommen. Die Angabe, daß die Solarkonstante und die Energieverteilung im Sonnenspektrum mit der Fleckentätigkeit der Sonne bzw. mit den Schwankungen der Helligkeitsverteilung über die ganze Sonnenscheibe (Randverdunkelung) im Zusammenhang stehe, wird in der vorliegenden Form beim Leser den Eindruck erwecken, daß reale Schwankungen der extraterrestrischen Strahlung der Sonne durch die amerikanischen Solarkonstantenbestimmungen mit Sicherheit nachgewiesen seien. Dies ist jedoch keineswegs der Fall, soweit es sich um das sichtbare und das gewöhnliche photographische Spektralgebiet handelt. Für diejenigen Wellenlängen ($< 290\ \mu\mu$), die bereits in den oberen Schichten der Erdatmosphäre absorbiert werden, sowie für die korpuskulare Strahlung der Sonne liegen gewichtige mittelbare Anzeichen von Veränderlichkeit vor, dieselbe bedarf aber auch noch unmittelbarer Bestätigung.

Die von *Abbot* als Beweis für die Realität der Schwankungen der Sonnenstrahlung besonders betonte Veränderlichkeit der Randverdunklung der Sonne kann, worauf Referent von Herrn *H. Rosenberg* aufmerksam gemacht wurde, durch die Schwankungen des Helligkeitsabfalles des Himmelsgrundes in der Umgebung der Sonne erklärt werden, hängt danach also lediglich von dem Reinheitsgrad der Erdatmosphäre ab. Die auch von *Dorno* als sicher vorhanden angenommenen Zusammenhänge zwischen der Fleckentätigkeit der Sonne und dem Zustand der Erdatmosphäre müssen bis auf weiteres als die Ursache für solche Schwankungen der an der Erdoberfläche gemessenen Sonnenstrahlung angesehen werden, die scheinbar in unmittelbarer Beziehung zur Sonnentätigkeit stehen. Auf den schwachen Punkt der absoluten Messungen der Sonnenstrahlung (ohne Hinzuziehung einer konstanten extraterrestrischen Vergleichslichtquelle zur Eliminierung der Durchsichtigkeitsschwankungen der Erdatmosphäre), die in der Unmöglichkeit besteht, die terrestrisch-atmosphärischen Einflüsse nach dem von *Abbot* und seinen Mitarbeitern geübten Verfahren hinreichend zu eliminieren, macht *Dorno* selbst aufmerksam. Er schlägt ein Verfahren vor, das sich auf die Abhängigkeit der Helligkeitsverteilung und des Polarisationszustandes des (klaren) Taghimmels von der Reinheit der Atmosphäre gründet. Ein solches, auf Messungen beruhendes Verfahren könnte, wenn es sich praktisch bewährte, von der größten Bedeutung für direkte Strahlungsmessungen an der Sonne werden.

Bei der Besprechung der Methode und Ergebnisse der Bolometermessungen im Sonnenspektrum und ihrer Verbindung mit gleichzeitigen pyrheliometrischen Messungen der Gesamtenergie der Sonnenstrahlung wird mit Recht auf die wertvolle Ergänzung hingewiesen, die die lichtelektrische Methode bildet, indem diese gerade da am wirksamsten wird, wo die bolometrische Methode versagt, im kurzwelligen Spektralgebiet. *Dorno* selbst hat ja nicht wenig dazu beigetragen, die hohe Brauchbarkeit der lichtelektrischen Methode für derartige Aufgaben darzutun.

Die Zusammenstellungen von Beobachtungsergebnissen betreffend die Sonnenstrahlung veranschaulichen die Abhängigkeit der unzerlegten und zerlegten Sonnenstrahlung von der Zenitdistanz der Sonne, von der Jahreszeit, von der geographischen Lage und von der Meereshöhe. Die Beobachtungen *Dornos* in Davos haben daran einen großen Anteil. Weit umständlicher ist natürlich die Behandlung des Problems der Himmelsstrahlung. Die Polarisationserscheinungen am Taghimmel und ihre Beobachtung, die Ergebnisse der Erforschung der Ein- und Ausstrahlung des Tag- und Nachthimmels, der Helligkeitsstrahlung und der ultravioletten Strahlung des Taghimmels unter verschiedenen Verhältnissen werden eingehend besprochen. Von besonderem Interesse ist die Verteilung von Helligkeit und Farbe über den Himmel von Davos, die nebst dem Polarisationszustand für 1916, Mai 17 im Jahresdurchschnitt auf den angehängten Tafeln für die Sonnenhöhen 0 ° und 60 ° dargestellt ist.

Das Buch *Dornos* ist allen denen warm zu empfehlen, die auf eine mühelose und angenehme Weise Aufklärung über die Probleme der Sonnen- und Himmelsstrahlung und über den Stand ihrer Erforschung suchen. *P. Guthnick, Berlin-Neubabelsberg.*

Stutzer, O., Geologisches Kartieren und Prospektieren. Berlin, Gebrüder Borntraeger, 1919. VI, 184 S. und zahlreiche Textabbildungen. 8 °. Preis M. 8,50 + Teuerungszuschlag.

Die vorliegende Anleitung zum geologischen Kartieren und Prospektieren ist von einem Geologen geschrieben, dem als Dozent an der Bergakademie in Freiberg, als Mitarbeiter der sächsischen geologischen Landesaufnahme und infolge seiner mehrjährigen Tätigkeit im Auslande sehr vielseitige praktisch-geologische Erfahrungen zur Verfügung stehen. Sie wird infolgedessen auch von den geübteren Geologen gerne benutzt werden, obschon sie in erster Linie den Studierenden der Geologie, des Bergfaches und der Naturwissenschaften dienen soll. Für diese wird der Stutzersche Leitfaden, der dem dringenden Bedürfnis nach einer kurzen, von allem Nebensächlichen befreiten Behandlung dieses Stoffes abhilft, eine sehr willkommene Erscheinung sein. Die Darstellung ist so klar und leichtverständlich, daß das Buch auch weiteren Kreisen, die sich für die Arbeitsmethoden der Geologen interessieren, empfohlen werden kann. Nach einer kurzen Einführung in das Verständnis einer geologischen Karte spricht der Verfasser in einem Kapitel: „Geologische Detailkartierung" über Ausrüstung und ihren Gebrauch, Vorarbeiten, Aufsuchen geologischer Grenzlinien, Anfertigung der geologischen

Feldkarte und ihre spätere Aufzeichnung, Sammelmethoden, geologische Profile usw. In den weiteren, besonders wertvollen Abschnitten wird das geologische Kartieren in wenig erforschten Gegenden, die geologische Aufnahme eines Reiseweges, die geologische Grubenaufnahme, Ausrüstung zum Prospektieren und Aufsuchung von Lagerstätten behandelt. Den Schluß bildet eine kurze Zusammenstellung der einschlägigen Literatur, in die wir gerne auch *Richthofens* „Führer für Forschungsreisende" und *Neumayers* „Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen" aufgenommen sähen, aus denen man, obschon sie zum Teil veraltet sind, immer noch viel Anregung und Belehrung schöpfen kann. Auch *Krusch*, „Die Untersuchung und Bewertung von Erzlagerstätten" sollte hier nicht fehlen. Im übrigen wären vielleicht auch einige Worte über die Bedeutung der stratigraphischen Schichtprofile, einige Bemerkungen über Schichtung und Schieferung, Angaben über eine graphische Methode zur Ausgleichung von Fehlern bei Routenaufnahmen und zum Verkleinern von topographischen Karten und ein Hinweis auf den mannigfachen Nutzen eines Millimetermaßes am Kompaß erwünscht. *J. Wanner, Bonn.*

Göllnik, O., Die magnetische Vermessung des sächsischen Staatsgebiets. Beiheft z. Jahrb. f. d. Berg- u. Hüttenwesen i. Sachsen a. d. J. 1919. Craz & Gerlach, 1919. 287 S., 16 Karten, 2 Tafeln.

Das vorliegende Werk beschränkt sich durchaus nicht, wie man etwa aus dem Titel entnehmen möchte, auf die Wiedergabe der Ergebnisse der erdmagnetischen Landesaufnahme des sächsischen Staats, sondern bildet ein vollständiges *Handbuch* dieses Zweiges der Vermessungskunde. Als seine Leser sind Studierende der Bergwerks- und der Markscheiderkunde gedacht, doch gibt es auch für solche, welche zu wissenschaftlichen Zwecken erdmagnetische Reisebeobachtungen anstellen wollen, das ausführlichste vorhandene praktische Lehrbuch. Insbesondere wird es jeder mit Nutzen zu Rate ziehen, der sich wegen *geologischer* Fragen dem Erdmagnetismus zuwendet.

Der erste Teil ist in diesem Sinne eine allgemeine Einführung in die Probleme, die Theorie und die Beobachtungstechnik des Erdmagnetismus. Die anderen sieben Teile sind der speziellen Darstellung der von dem Verf. besorgten, mustergültigen magnetischen Vermessung Sachsens gewidmet. Sie haben natürlich eine selbständige Bedeutung, treten aber hier noch als ein bis in alle Einzelheiten reichendes Beispiel zu dem im ersten Teil Vorgetragenen auf.

Nach der wissenschaftlichen Neuleistung beurteilt, hebt sich besonders der letzte Teil hervor, die Erörterung der Beziehungen zwischen dem erdmagnetischen Felde und der geologisch-tektonischen und petrographischen Beschaffenheit des Bodens. Auszugsweise lassen sich die Ergebnisse des Vergleichs nicht bringen, es muß daher hier genügen, das Studium dieses Abschnitts allen interessierten Fachleuten dringend zu empfehlen.

Beigegeben ist eine bunt gehaltene geologische Karte und nun eine große Zahl auf durchscheinendem Papier gezeichnete magnetische Karten in gleichem Maßstab, so daß man sie auf die geologische auflegen und den Zusammenhang unmittelbar ablesen kann. Es werden sowohl die wirkliche Verteilung als auch die Störungen rein für sich derart dargestellt, so daß die Verwertbarkeit der sächsischen Aufnahme aufs beste gefördert wird. Das ist um so mehr anzuerkennen, als die heutigen Zeiten einer solchen Kulturleistung ja nicht sehr günstig sind.

A. Nippoldt, Berlin-Potsdam.

Beckenkamp, J., Leitfaden der Kristallographie. Berlin, Gebr. Bornträger, 1919. XII, 466 S. und 549 Fig. Preis M. 24,50.

Das Buch ist aus langjähriger Lehrerfahrung und ausgedehntem Wissen geschöpft und wirkt besonders anregend durch die Darlegung einer kinetischen Strukturlehre, die der Verfasser in zahlreichen Abhandlungen der letzten zwei Jahrzehnte zusammengefügt hat. Das Werk wird dem Studenten der Naturwissenschaften und jedem, der sich die Elemente der Mathematik und Physik auf einer höheren Schule angeeignet hat und kritisches Verständnis besitzt, zahlreiche Kenntnisse vermitteln und zu tieferem Nachdenken verhelfen.

Wenn ich dieser Empfehlung noch die folgenden Bemerkungen hinzufüge, so geschieht es in der Absicht, die nächste Auflage ein klein wenig zu beeinflussen.

In der Darstellung der Symmetrieklassen wäre doch wohl das moderne synthetische Verfahren dem alten analytischen vorzuziehen; also gruppentheoretischer Aufbau der höheren Symmetriekomplexe aus einfacheren anstatt der Ableitung von „Halbflächnern" aus „Vollflächnern"; ebenso würde in der geometrischen Strukturtheorie die neuere Schoenfliessche Art der älteren Sohnckeschen überlegen sein. Die Planmäßigkeit und Zwangläufigkeit wird gesteigert, die Belastung des Gedächtnisses vermindert. Die Definitionen der Symmetriearten erscheinen mir zu zerstreut und versteckt.

Die Naumannschen Symbole dürften fehlen, da sich mit ihren Bestandteilen nicht wie mit den Millerschen Indizes rechnen läßt und ihr willkürliches Gepräge das Gehirn des Lernenden bedrückt.

Das von *Hauy* entdeckte Grundgesetz der Kristallmorphologie müßte ausdrücklich auf Kantenrichtungen anstatt auf beliebige Koordinatenachsen bezogen werden.

In dem physikalischen Teil würde ich eine etwas mehr mathematische Behandlung der Optik und besonders der Lichtbrechung sowie eine genauere Darlegung der *Methoden* zur Bestimmung der Brechungsindizes und der optischen Orientierung usw. begrüßt haben; ferner auch ein Eingehen auf Umwandlungskurven, Entmischungen, Schmelzdiagramme und Kristallisationsbahnen. Dafür könnte eine Einschränkung der Kapitel über elektrische und magnetische Erscheinungen sowie der mancherlei hypothetischen Ausführungen eintreten, so daß keine Vergrößerung des Buchumfanges in Frage käme. Eine speziellere Kritik gehört in Fachzeitschriften. Besonders dankenswert ist das liebevolle Eingehen auf die Ergebnisse der Röntgenometrie und die Strukturen einzelner Kristallarten.

A. Johnsen, Kiel.

Berndt, G., Radioaktive Leuchtfarben. Braunschweig, Friedr. Vieweg und Sohn, 1920. IV, 108 S., 28 Figuren und 1 Tafel. Preis M. 7,60.

Bei der großen Verbreitung, die radioaktive Leuchtfarben in den letzten Jahren namentlich durch die mannigfaltigen Arten von Kriegsverwendungen gefunden haben, war es ein guter Gedanke des Autors, alles zum Verständnis ihrer Wirkungsweise Erforderliche in einer kurzen Monographie zusammenzustellen. Zunächst wird darin im Anschluß an die Arbeiten und theoretischen Ansichten von *Lenard* die Erscheinung der Phosphoreszenz besprochen, hieran schließen sich

kurze Kapitel über Radioaktivität und radiologische Meßmethoden, wobei sich der Autor naturgemäß im Wesentlichen auf Auszüge des für seinen Zweck Wichtigen aus den bekannten größeren Werken beschränkt. Der originelle Wert des Büchleins tritt erst beim Eingehen auf die Zusammensetzung und Herstellung der Leuchtfarben in Erscheinung. Was der Autor hier über die Verwendung der verschiedenen Arten radioaktiver Substanzen als Lumineszenzerreger sagt, seine eingehende Diskussion der Möglichkeit, Radium mit ganz dem gleichen Erfolg durch Mesothorium plus Radiothorium oder noch kürzerlebige und darum billigere Substanzen zu ersetzen, und namentlich seine auf genauen eigenen Messungen beruhenden Mitteilungen über die unvermeidliche Abnahme der Helligkeit der Leuchtfarben werden hoffentlich in weiteren Kreisen Beachtung finden und zur sparsamen Verwendung der kostbaren Materialien anleiten; haben sich doch während des Krieges oft genug Fachmänner vergeblich bemüht, der unüberlegten Preisgabe hochwertiger Radiumsalze für Zwecke der Leuchtfarben-Fabrikation Einhalt zu tun. Daß die verschiedenen und z. T. schwer zugänglichen Gebiete, deren Kenntnis für eine rationelle Darstellung von Leuchtfarben nötig ist, hier in handlicher Form und unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Verhältnisse vereinigt sind, wird sich gewiß auch für technisch interessierte Kreise von Vorteil erweisen.

Von kleinen Ungenauigkeiten seien für eine eventuelle Neuauflage angemerkt, daß Polonium nicht dem Thallium, sondern dem Tellur ähnelt (S. 23), daß Thorium X sich nicht mit Ammoniak ausfällen läßt (S. 25), und daß Rubidium nicht zu den Erdalkalimetallen gehört (S. 47). *Fritz Paneth, Hamburg.*

Doelter, C., Handbuch der Mineralchemie. Bd. *II*, Lief. 12, XIV, 183 S. Preis M. 9,40 — Bd. *II*, Lief. 13, 160 S. Preis M. 13,75. — Bd. *III*, Lief. 7, 160 S. Preis M. 12,50. Dresden u. Leipzig, Th. Steinkopff, 1917—1919.

Über Anlage und Inhalt der früher erschienenen Teile von *Doelters* Handbuch der Mineralchemie ist bereits mehrfach in dieser Zeitschrift (1913, S. 388, 581, 940; 1914, S. 40, 142, 472; 1915, S. 100; 1916, S. 432) von dem inzwischen verstorbenen *J. Uhlig*-Bonn berichtet worden. — Mit dem 12. Heft von Bd. *II* wird der zweite Teil dieses Bandes abgeschlossen, der die Silikate dreiwertiger Metalle behandelt. Von bekannteren Mineralien finden sich hier: Anorthit, die Skapolithgruppe, verschiedene Glieder der Glimmerfamilie, Datolith usw. (bearbeitet von *Doelter* und *d'Achiardi*); ein sehr umfangreiches Register ist beigefügt. — Die Fortsetzung der Silikate dreiwertiger Metalle bringt der 3. Teil des Bandes *II*, von dem bisher ein Heft (*II*, 13) vorliegt. Nach einer lesenswerten allgemeinen Einleitung über Zeolithe werden die Kalkzeolithe im einzelnen z. T. von *Doelter*, z. T. von *Goldschlag* geschildert; besonders umfangreich ist der Abschnitt Chabasit.

Das 7. Heft von Bd. *III* eröffnet den 2. Teil dieses Bandes; unter den Überschriften Lithium, Natrium, Kalium, Rubidium werden (von *Leitmeier*, *Goldschlag* und *Pribram*) die Mineralien dieser Elemente kurz zusammengestellt und deren analytisches Verhalten geschildert. Ausführlich sind behandelt: metallisches Kupfer und Silber, die ja als solche in der Natur vorkommen, sowie die mineralischen Kupferoxyde Cuprit (Cu_2O) und Tenorit (CuO). Beim Kupfer und Silber sind auch mit großer Vollständigkeit die verschiedenen Modifikationen dieser Elemente, ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften und sogar ihre Darstellung aus Verbindungen und Erzen geschildert. Diese letzten Abschnitte scheinen mir aus dem Rahmen eines Handbuches der Mineralchemie völlig herauszufallen; wer wird auch an dieser Stelle die Darstellung des kolloidalen Silbers oder die spezifischen Wärmen des Kupfers und dergl. suchen? Der Stoff der Mineralchemie ist so umfangreich, daß es nicht erforderlich ist, ihn durch abseits liegende Dinge aufzubauschen. Strenge Beschränkung auf das Wesentliche wird es dem Herausgeber erleichtern, die wünschenswerte Vollendung des Werkes zu beschleunigen.

J. Koppel, Berlin-Pankow.

Strecker, Karl, Jahrbuch der Elektrotechnik. Übersicht über die wichtigen Erscheinungen auf dem Gesamtgebiete der Elektrotechnik. Siebenter Jahrgang. Berlin und München, R. Oldenburg, 1919. VIII, 212 S. Preis M. 22,—.

Das *Jahrbuch der Elektrotechnik*, das *Strecker* im Jahre 1912 an die Stelle der *Fortschritte der Elektrotechnik* gesetzt hat, ist zum siebenten Male erschienen. Es berichtet nach der vom 1. Januar bis 31. Dezember 1918 reichenden Literatur, soweit sie zugänglich war, über die wichtigsten Ergebnisse und Vorkommnisse des Jahres 1918. Das Buch ist zwar in erster Linie natürlich für die Elektrotechniker bestimmt, ist aber der Abfassung wie dem Inhalte nach auf das beste dazu geeignet, jeden an technischen Dingen Interessierten anzuregen und über die aktuellen elektrotechnischen Aufgaben zu unterrichten. Neben seiner großen Sachkenntnis besitzt der mitten in der Praxis stehende Herausgeber die für ein solches literarisches Unternehmen unerläßliche Personenkenntnis; er weiß daher die zuständigen Referenten zu finden: wie er z. B. mit der Berichterstattung über den Magnetismus *Gumlich* von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt betraut, über die in den Leitungen durch Überspannung auftretenden Störungen *Petersen* in Darmstadt berichten läßt, über die Leitungsdrähte, Kabel und Isolierstoffe *Apt* von der A. E. G., über Wechselstrommaschinen und Synchronmotoren *Hillebrand* von der A. E. G. — um nur einige der zahlreichen Referenten zu nennen —, so hat er zweifellos auch für die andern Gebiete die zuständigen Referenten gefunden. Neben den drei Hauptabschnitten *Elektrotechnik*, *Elektrochemie*, *elektrisches Nachrichten- und Signalwesen* unterrichtet ein umfassender vierter über *Messungen und wissenschaftliche Untersuchungen*.

Das Buch wird jedem elektrotechnisch Interessierten sicherlich von großem Nutzen sein. Mehr denn je ist namentlich den Physikern eine solche Anregung nötig, um sie zur Beschäftigung mit technischen Dingen zu veranlassen. Sie können sich der Führung des Herausgebers auf dem ihnen fremden Gebiete zuversichtlich anvertrauen. *A. Berliner, Berlin.*

Zuschriften an die Herausgeber.

Ein neuer Gassparbrenner.

Zu dem Gegenstand des Referates unter obigem Titel in Heft 24 vom 11. Juni dieses Jahres möchte ich mir einige kurze Bemerkungen erlauben: Es ist richtig, daß man im Frieden meist Gasglühlichtbrenner von 70—100 Kerzen Lichtstärke angewendet hat; man kann aber nicht sagen, daß für

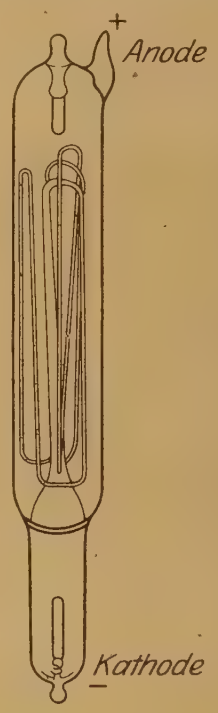
den gleichen Beleuchtungszweck, dem *ein* Gasbrenner dienen sollte, auch nur *eine* elektrische Glühlampe von 16—32 Kerzen angewendet worden wäre; wahrscheinlich hätte man *mehrere* derartige Glühbirnen installieren müssen. Wo im übrigen 70—100 Kerzen nicht erforderlich waren, konnte man schon bei der Installation sogenannte Liliput-Gasglühlichtbrenner mit wesentlich geringerem Gasverbrauch und entsprechend geringerer Lichtstärke vorsehen. — Nun hat der Krieg mit seinen Folgen: der Kohlennot der Gaswerke und der Gasverteuerung, eine Einschränkung des Gasverbrauchs an den möglichen Stellen nötig gemacht. Diesem Zweck können bei vorhandenen größeren Brennern als *Notbehelf* die im Referat besprochenen Einsatz-Brennerköpfe dienen. Man darf nur an die so umgeänderten Brenner nicht zu große Ansprüche stellen. Jeder Gasglühlichtbrenner, insbesondere jeder Hängegasglühlichtbrenner, ist in der Form, wie er von guten Fabriken geliefert wird, ein in allen Abmessungen genau abgestimmter Apparat; der Durchmesser der Düsenöffnung und der des darin spielenden Ventilzapfens ist ebenso für den Durchgang eines bestimmten Gasquantums ausgeprobt, wie die Länge und die Weite des Bunsenrohres, die Größe der Luftzutrittsöffnungen (trotz vorgesehener Luftregulierungsvorrichtungen) und der Durchmesser der Austrittsöffnung für das Gasluftgemisch am Brennerkopf. Wenn man also bloß diesen letztgenannten Teil durch einen „Einsatz-Brennerkopf" ersetzt und alle anderen vorgenannten Teile unverändert läßt, dabei aber die den Brenner speisende Gasmenge verringert, so kann man nicht bei wechselndem Gasdruck und wechselnder Gaszusammensetzung erwarten, daß der Hängeglühlichtbrenner nur ebenso einwandfrei erglüht, wie ein speziell für das geringere Gasquantum gebauter „Original"-Brenner. Das drückt sich auch in der mitgeteilten Ökonomie des veränderten Hängegasglühlichtbrenners aus; er liefert bei etwa 40 Litern stündlichen Gasverbrauches ungefähr 30 Kerzen, also für 1 Kerze etwa 1,33 l Gas, während gute Original-Invertbrenner etwa 0,8 — 1,0 l Gas in der Stunde verbrauchen sollen. — Unsere Zeit nötigt uns aber leider zu vielen „Ersatz"-Maßnahmen und so kann man auch den „Ersatz"-Brennerkopf bis auf weiteres an passender Stelle verwenden; man kann sich damit trösten, daß es schon vor dem Krieg solche Ersatzbrennerköpfe für Invertbrenner gegeben hat, die allerdings damals nur wenig angewendet worden sind.

München, den 17. Juni 1920.

Armin Fischer.

Technische Mitteilungen.

Neonlampe für stroboskopische Zwecke. (*F. W. Aston*, Proc. Cambridge Phil. Soc. 19, 300—306, 1920.) *Aston* wendet als Lichtquelle für stroboskopische Zwecke an Stelle des intermittierenden Flaschenfunkens eine Geißlerröhre mit Neonfüllung von 5 bis 10 mm Druck an, die den Vorteil höherer Lichtstärke und größerer Schonung des Auges durch Fortfall der Ultraviolettstrahlung aufweist. Eine auf die Frequenz 50 abgestimmte Stimmgabel wurde als Unterbrecher im Primärkreis eines Induktoriums benutzt; in den Sekundärkreis war die Neonröhre geschaltet, deren Länge sich nach der verfügbaren Sekundärspannung richtet. Die 60 cm lange, 1 mm weite Kapillare ist zur Unterbringung in dem Anodenraum der Lampe U-rohrförmig hin- und hergebogen. Durch die bei dieser Anordnung auftretende Ventilwirkung wird gleichzeitig das sogenannte „Schließungslicht" unterdrückt. Nach einigen Mitteilungen über die Herstellung und die im günstigsten Falle bis zu 3000 Stunden betragende Lebensdauer der Lampe, die durch Okklusion des Füllgases im Wandbeschlag der zerstäubenden Kathode begrenzt ist, legt *Aston* die Gründe für die Überlegenheit des Neons gegenüber anderen Gasen dar. Da die Strahlung im Neonspektrum fast ganz auf das Bereich 5700—6700 Å. E. beschränkt ist, hat das Licht einen orangeroten, vom gewöhnlichen Tageslicht derart abstechenden Ton, daß die Beobachtungen im unverdunkelten Zimmer stattfinden können. *Victor Henri* und *J. L. des Bancels* fanden, daß die Netzhautgrube (fovea centralis) gegen rotes Licht sehr viel empfindlicher ist, als die umliegenden Netzhautgebiete; daraus erklärt sich, daß eine Neonlampe bei direkter Betrachtung selbst dann sehr glänzend aussieht, wenn der allgemeine Eindruck der davon hervorgebrachten Raumbeleuchtung sehr unbefriedigend



ist. Bei stroboskopischen Arbeiten ist der Gesichtswinkel der anvisierten Anordnung stets klein genug, so daß das Bild auf die empfindliche Netzhautgrube fällt.

Bei der Betrachtung der oszillatorischen Entladung einer Neonröhre im rotierenden Spiegel zeigt sich eine doppelte Erscheinung. Ein starker Lichtblitz von äußerst kurzer Dauer, die durch eine Meßanordnung zu weniger als 10^{-7} Sekunden ermittelt wurde, danach eine weitere Lichterscheinung in Form leuchtender Knoten, die von der Anode nach der Kathode mit Geschwindigkeiten von der Größenordnung der Schallgeschwindigkeit im Gase wandern. Diese letztere Erscheinung, die *Aston* näher zu untersuchen verspricht, dürfte auf den Transport der beim ersten Durchschlag der Entladung gebildeten positiven Ionen zurückzuführen sein; als Lichtquelle kommt sie für den stroboskopischen Arbeitszweck wegen ihrer längeren Dauer nicht in Betracht und kann übrigens durch genügende Länge der Kapillare vollkommen unterdrückt werden. Zur Beleuchtung dient demnach nur der erste, kurz dauernde Lichtblitz jeder Entla-

dung, in welchem die Hauptmenge der verfügbaren Energie steckt.

Zum Schluß gibt *Aston* Beispiele der Anwendung für stroboskopische Arbeiten, wie z. B. zur Untersuchung der Bewegung einer Luftschraube oder eines rotierenden Explosionsmotors. Wenn auf 100 Umdrehungen der Motorwelle 99 Unterbrechungen des Primärkreises kommen (durch eine geeignete Getriebeübersetzung), so scheint die mit der Neonlampe beleuchtete Maschine mit $^1/_{100}$ ihrer normalen Geschwindigkeit umzulaufen, so daß die Bewegung der Ventile, Federn usw. verfolgt werden kann. Natürlich ist der entstehende Eindruck nur bei genügend hohen Umdrehungszahlen kontinuierlich. *F. Schröter.*

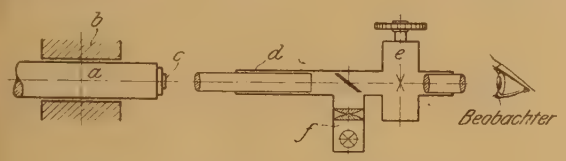


Fig. 1: Schema der Meßanordnung.
a: Welle, *b*: Lager, *c*: Kreuzgitter (Raster), *d*: Mikroskop, *e*: Okularmikrometer, *f*: Beleuchtung.

umlaufende Welle in einem geschlossenen, ringsum geschmierten horizontalen Lager, so liegen beim Stillstand die Flächen mit ihren Unebenheiten ineinander. Beim Eintritt der Bewegung hebt sich die Welle und bei kleinen Geschwindigkeiten berühren sich die Flächen mechanisch mit ihren Zacken und die Welle weicht seitlich in dem *entgegengesetzten Sinne* ihrer Drehrichtung aus. (Zustand der halbflüssigen Reibung.) Bei einer bestimmten kritischen Geschwindigkeit wird die Schmiermittelschicht im unteren Teile des Lagers so stark, daß eine völlige Trennung der gleitenden Flächen eintritt (Ausklinken der Zacken). Mit zunehmender Geschwindigkeit hebt sich dann die Welle weiter und weicht seitlich *im Sinne* des Zapfenumlaufes aus. (Zustand der reinen Flüssigkeitsreibung.) Die Verlagerung einer Welle wächst von 0 bis maximal zur Größe des halben Lagerspiels an und liegt in der Größenordnung von 0 bis 100 μ bzw. 200 μ bei größeren Maschinen. Sie ist abhängig von dem Zapfendruck, der Umfangsgeschwindigkeit der Welle und der Zähigkeit und Temperatur des Schmiermittels.

Um diese Verlagerung zu messen, wurde eine neue optische Methode entwickelt. Auf der Stirnfläche der zu untersuchenden Welle wurde ein poliertes Metallplättchen mit einem Kreuzgitter (Raster) von etwa 2 bis 4 μ Strichabstand befestigt. Rotiert dieses Gitter mit der Welle, so bildet sich bei Beleuchtung mit diffusem Lichte der Schnittpunkt der Rotationsachse der Welle mit der Gitterebene im allgemeinen als mikroskopisch feiner, fast schwarzer Punkt aus, während die übrige Fläche des rotierenden Rasters weiß erscheint. Geht die Rotationsachse nicht durch den Schnittpunkt zweier Gitterlinien, sondern durch die Mitte eines Gitterfeldes, so erweitert sich der schwarze Punkt zu einem schwarzen Kreis mit einem weißen Punkt in der Mitte. Die Bewegung des schwarzen bzw. des weißen Punktes und damit die Bewegung der Welle wurde mit einem Mikroskop mit Okularmikrometer beobachtet und gemessen. Bis herab zu etwa einer Umdrehung in der Minute bildete sich im Gesichtsfeld des Mikroskopes noch ein gut zu beobachtender Punkt aus. Unterhalb dieser Geschwindigkeit löste sich dann der Raster auf und die einzelnen Gitterfelder wurden sichtbar. Doch konnte man bei sorgfältiger Beobachtung auch bei geringen Geschwindigkeiten noch die Stelle des Gitters im Felde des Okularmikrometers verfolgen, die vorher bei höheren Geschwindigkeiten den beobachteten Punkt erzeugte. Fig. 1 stellt schematisch die Ver-

Fig. 2. Bestimmung der Drehachse durch umlaufenden Raster.
Ruhender Raster. Rotierender Raster. Die Drehachse geht durch den Schnittpunkt zweier Gitterlinien. Rotierender Raster. Die Drehachse geht durch die Mitte eines Gitterfeldes.

Eine optische Methode zur Bestimmung der Dicke der Ölschicht in den Lagern umlaufender Wellen. Zur Einführung seien einige Worte über das Problem der Lagerreibung vorausgeschickt. Die Gesetze der Reibung einer umlaufenden Welle im Lager wurden zuerst von *Petroff* aufgestellt, der im wesentlichen das hydrodynamische Problem erkannte, jedoch an der konzentrischen Lagerung der Welle in der Lagerschale festhielt. Die exzentrische Lagerung der Welle wurde zuerst von *Reynolds* eingeführt. *Sommerfeld* kommt dann auf Grund einer allgemeinen Theorie der Flüssigkeitsreibung zu dem Ergebnis, daß sich die Welle bei reiner Flüssigkeitsreibung im Sinne ihrer Drehrichtung, von der tiefsten Stelle des Lagers aus gerechnet, in der Lagerschale verlagern muß und daß die Stelle größte Annäherung zwischen Zapfen und Lager um 90° aus der Richtung des Zapfendruckes im Sinne des Zapfenumlaufes liegt. In neuerer Zeit hat *Gümpel* das Problem der Lagerreibung ausführlich behandelt und zwischen Theorie und Experiment eine gute Übereinstimmung erzielt.

Die gleitenden Flächen einer Welle und Lagerschale sind mit Unebenheiten, mit zackenförmigen Erhöhungen und Vertiefungen versehen. Betrachten wir eine

suchsanordnung dar. Die Achse des Mikroskops und die Achse der Welle wurden genau parallel ausgerichtet, da wegen des Achsenspieles des Zapfens das Mikroskop zur Scharfeinstellung verschoben werden mußte. Das Okularmikrometer wurde mittels einer auf der Stirnfläche der Welle aufgekitteten Strichplatte geeicht. Die gesamte Vergrößerung des Mikroskopes war etwa 100-fach. Die verwendeten Raster wurden zunächst selbst angefertigt. Auf polierten Stahl- oder Silberplättchen wurden mittels feinem Schmirgelpapier kreuzweise Strichsysteme gezogen. Von diesen so erzeugten unregelmäßigen Rastern wurden mit dem Mikroskop die brauchbaren Stellen ausgesucht und auf der Welle aufgekittet. Gegenwärtig werden regelrechte, auf der Teilmaschine hergestellte Raster verwendet. Bei diesen regelmäßigen Rastern muß man für möglichst gleichmäßige diffuse Beleuchtung der einzelnen Strichsysteme sorgen, was man durch ein Mikroskop mit besonderer Innenbeleuchtung erreichen kann. Mit diesen Rastern war es möglich, die Rotationsachse einer Welle mit einer Genauigkeit von weniger als 1 μ festzustellen. Fig. 2 a, b, c zeigt die photographische Wiedergabe der der neuen Methode zugrunde liegenden Art der optischen Beobachtung einer Rotationsachse. Auf einer Scheibe wurde ein Kreuzgitter aus zwei senkrecht zueinander stehenden Liniensystemen befestigt (kariertes Linienblatt). Rotiert diese Scheibe, so bildet sich je nach der Lage der Rotationsachse in bezug auf den Schnittpunkt zweier Gitterlinien in den beiden Grenzlagen das Rotationszentrum als ein schwarzer oder weißer Punkt aus. Mit einem solchen Versuchsmodell kann nur näherungsweise die Methode wiedergegeben werden, auf die Gründe dafür soll hier nicht näher eingegangen werden.

Nach diesem hier beschriebenen optischen Verfahren wurden die Verlagerungskurven einer Welle bei verschiedenem Schmiermaterial und verschiedenen Temperaturen aufgenommen. Außerdem wurde die mittlere Zackenhöhe der Unebenheiten der Zapfen- und Lageroberfläche bestimmt. Letztere konnte dadurch ermittelt werden, daß der Übergang von dem Zustand der halbflüssigen Reibung in den der reinen Flüssigkeitsreibung, das sogenannte Ausklinken der Zacken, durch das plötzliche Aufhören der zitternden Bewegung des Punktes scharf gekennzeichnet war.

Die neue Methode mittels rotierenden Gitters gestattet ganz allgemein die Rotationsachse eines Zapfens eindeutig festzustellen. Abgesehen von der Untersuchung der Verlagerung eines umlaufenden Zapfens im Lager, für welche die Methode ausgearbeitet wurde, dürfte das Verfahren auch noch weitere technische Anwendung finden, z. B. für die Bestimmung der Rotationsachse bei der dynamischen Auswuchtung umlaufender Maschinenteile. Die Versuche wurden von mir gemeinsam mit Herrn Dr. *Wetthauer*, Charlottenburg, im Maschinenlaboratorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt angestellt. Weitere Ausführungen über das neue optische Verfahren und seine Anwendung für die Öluntersuchung finden sich in den Tätigkeitsberichten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt 1918, S. 141 und 1919, S. 33, sowie unter *V. Vieweg*, Drucksache des Vereins deutscher Maschinenbauanstalten 1919, Nr. *16*, S. 182 und Archiv für Elektrotechnik Bd. *8*, 1919, S. 364. *V. Vieweg.*

Die größtmöglichen Flugstrecken und Geschwindigkeiten hat *Rateau* in einer Arbeit berechnet, die er der französischen Akademie der Wissenschaften vorlegte[1]). Es handelt sich dabei um das Äußerste, was nach dem heutigen Stande der Technik möglich ist. Die Ergebnisse haben also nur relative Bedeutung und werden durch Änderungen der angenommenen Zahlenwerte stark beeinflußt.

Zurzeit kann man ohne Zwischenlandung über 3000 Kilometer weit fliegen. Nach *Rateau* müßte sich diese Leistung ungefähr verdoppeln lassen. Aus den Grundgleichungen für das Arbeiten des Flugzeuges und der Luftschraube ergibt sich leicht, was auch die Anschauung unmittelbar zeigt, daß man für die beste „Gleitzahl", d. h. für das günstigste Verhältnis des Widerstandes zum Auftrieb, den geringsten Brennstoffverbrauch hat. Mit dieser kleinsten Gleitzahl fliegt man aber in der Gipfelhöhe, oder vielmehr etwa 150 m unterhalb der Gipfelhöhe[1]), wo der „Streckenverbrauch" (kg Betriebstoff je Flug-km) wegen der größeren Geschwindigkeit am geringsten und die Stabilität des Fluges günstiger ist. Behält man während des Fluges denselben Anstellwinkel, also auch die zugehörige, dem Bestwerte nahe Gleitzahl bei, und hat man einen Motor, dessen Drehmoment der Luftdichte proportional abnimmt, so ist die erreichbare Luftdichte um so größer, je leichter das Flugzeug. Jede Gewichtverminderung infolge Betriebstoffverbrauch setzt also die Gipfelhöhe herauf. Dabei bleiben Geschwindigkeit, Schraubendrehzahl, Leistungsbelastung und Betriebstoffverbrauch ungeändert. Man steigt infolge des Betriebstoffverbrauches etwa 1,5 m je Flug-km. Die Flugweite ergibt sich proportional der erreichten Höhe, und zwar mit guten Mittelwerten für Gleitzahl, Schraubenwirkungsgrad und Einheitsbetriebstoffverbrauch etwa gleich dem 800fachen der schließlichen Höhe. Nimmt man an, daß der Anteil der Betriebstoffe am Gesamtgewicht 60 % betragen kann, beachtet man ferner, daß die Motorleistung etwas stärker als proportional der Luftdichte abnimmt, und zieht dementsprechend rd. 5 % der Flugweite wieder ab, so ergibt sich als größtmögliche Flugstrecke weniger als 6600 km, und selbst, wenn man für den Schraubenwirkungsgrad statt 75 den recht günstigen Wert 78 % annimmt, nicht ganz 7000 km.

Weniger wahrscheinlich ist der Wert, den *Rateau* für die *größte Fluggeschwindigkeit* ermittelt: 128,5 m/s oder 463 km/h. Seine Annahmen, daß das gesamte Flugzeuggewicht nur 3,5 kg für jede Pferdestärke der Motorleistung beträgt, daß diese Leistung mit 75 % Wirkungsgrad in Schub umgesetzt wird, und daß der Auftrieb das Achtfache des Widerstandes beträgt, sind aber technisch durchaus möglich. Doch fliegt man gewöhnlich im wagerechten Fluge bei schlechteren Gleitzahlen, um die nötige Steigkraft zum Abfliegen und zum Überwinden von Böen zu behalten. Freilich ist es fraglich, ob die nötige Verkleinerung der Flügelfläche (jedes m² vermag bei der hohen Geschwindigkeit 500 kg des Gesamtgewichtes, das ist ungefähr das zehnfache des üblichen Wertes, zu tragen) ohne die entsprechende Verringerung der schädlichen Widerstände noch einen Gesamtwiderstand unter ¼ des Auftriebes möglich macht.

Praktisch ist die Fluggeschwindigkeit, wie *Rateau* selbst richtig hervorhebt, durch die Sicherheit des Abfliegens und Landens sehr stark begrenzt, nur in großen Höhen mit besonders ausgebildeten Motoren wären günstigere Werte möglich. Ehe es nicht gelingt, hier gründliche Verbesserungen zu schaffen, müssen wir uns, vor allem im Luftverkehr, mit dem — in Bodennähe auch wirtschaftlicheren — Schneckentempo von etwa 50 m/s gleich 180 km/h oder noch weniger begnügen. *Everling.*

[1]) Comptes Rendus *170*, S. 364/370, Nr. 7, 1920.

[1]) Ebenda, S. 491/497, Nr. 9.

Nachweis von Benzol in Benzin. Motorenbenzin wird vielfach durch Zusatz von Benzol verfälscht; es ist daher eine einfache Methode zum Nachweis von Benzol in Benzin für die Praxis recht wichtig. Die Ausführung dieser Untersuchung war bis vor wenigen Jahren recht umständlich und ohne chemische Fachkenntnisse nicht möglich. Im Jahre 1914 hat Prof. *Dieterich* in dem Dracorubin ein geeignetes Mittel gefunden, das in verhältnismäßig kurzer Zeit den Nachweis zu erbringen gestattet, ob ein Benzin mit Benzol verfälscht ist oder nicht. Denn das Dracorubin, das aus Palmendrachenblutharz gewonnen wird, ist in reinem Benzin unlöslich, während es sich in Benzol mit roter Farbe auflöst. Benzin, das 5 % Benzol enthält, gibt mit Dracorubin eine rosenrote Färbung, aber auch Alkohol, Äther, Aceton und Schwefelkohlenstoff, die alle in Benzin und seinen Ersatzstoffen bisweilen vorkommen, geben mit Dracorubin die nämliche Färbung, so daß also diese Probe häufig recht unsicher ist.

Prof. *Formánek* hat nun gefunden, daß auch gewisse Küpenfarbstoffe, wie Indanthrenblau und Indanthrenviolett, in Pulverform zum Nachweis von Benzol in Benzin recht brauchbar sind und sogar vor dem Dracorubin den Vorzug verdienen. Denn die genannten Farbstoffe sind in Äther, Aceton und Schwefelkohlenstoff viel weniger löslich als das Dracorubin; sie färben andererseits Benzol erheblich stärker als Dracorubin, und schließlich ist die Probe in wesentlich kürzerer Zeit ausführbar, und die Lösungen der beiden Indanthrenfarbstoffe sind auch luft- und lichtbeständiger als die Dracorubinlösung, die sich nach und nach entfärbt.

Zur Ausführung der Probe versetzt man 20 ccm Benzin mit einer Messerspitze des Farbstoffs, schüttelt in einer Flasche mit Glasstöpsel gut durch und läßt das Gemisch unter öfterem Umschwenken zwei Stunden stehen. Darauf filtriert man das Benzin in einen engen, farblosen Glaszylinder, den man auf weißes Papier stellt, und beobachtet den Farbton des Benzins in einer 10 cm hohen Schicht. Ein Benzolgehalt von nur 2 % gibt sich, wie Prof. *Formánek* in der *Chemiker-Zeitung* 41. Jahrg., S. 713, berichtet, durch deutliche Rosafärbung zu erkennen, die mit steigendem Benzolgehalt des Benzins immer tiefer wird und bei einem Benzolgehalt von 10 % schon stark rosarot ist. Die Empfindlichkeit dieser Probe gestattet auch die quantitative Ermittlung des Benzolgehalts mit Hilfe des Kolorimeters, und zwar mit ziemlicher Genauigkeit schon nach einer Viertelstunde. *S.*

Die wahre Größe der Stickstoffnot. Die deutsche Landwirtschaft hat vor dem Kriege bekanntlich 230 000 t Stickstoff in Form von Chilesalpeter, Ammoniumsulfat, Kalkstickstoff und Kalksalpeter alljährlich verbraucht; während des Krieges mußte sie sich mit etwa der Hälfte dieser Stickstoffmenge begnügen und heute stehen ihr infolge Kohlen- und Rohstoffmangels trotz der Einstellung der Munitionserzeugung seit einem Jahre auch nicht größere Mengen zur Verfügung. Um unsere Volksernährung auf die frühere Höhe zu bringen, ist es aber durchaus nicht ausreichend, der Landwirtschaft die von ihr vor dem Kriege verbrauchten 230 000 t Stickstoff, zuzuführen, sondern hierzu sind wesentlich größere Mengen erforderlich. Denn nach Berechnungen von *Kuczynski* und *Zuntz* wurden im Jahre 1913 weitere 180 000 t Stickstoff in Form von ausländischen Futtermitteln eingeführt, die uns heute vollkommen fehlen. Diese Stickstoffmenge bleibt also gar nicht weit hinter den unmittelbar als Dünger verwendeten 230 000 t Stickstoff zurück. Von dem Futtermittelstickstoff kommt schätzungsweise nur ein Viertel in Form von tierischen Ausscheidungen unmittelbar wieder in den Boden. Die Landwirtschaft müßte daher jetzt, wo ihr die ausländischen Futtermittel fehlen, entsprechend mehr Düngerstickstoff anwenden, um ihn mit Hilfe der Pflanzen in Eiweißstickstoff als Futtermittel für die Tiere umzuwandeln. Hierbei ist, wie Prof. *Dr. Neubauer* ausführt, damit zu rechnen, daß in der großen Praxis bei dieser Umwandlung eine Ausbeute von höchstens 50 % erreicht wird. Wenn wir also 100 Teile Stickstoff als Dünger in den Boden bringen, so erhalten wir höchstens 50 Teile Stickstoff in Form von Eiweiß oder ähnlichen Pflanzenstoffen aus dem Boden zurück. Somit wären, um die fehlende Eiweißmenge der ausländischen Futtermittel auszugleichen, 360 000 t Stickstoff in Form von Düngemitteln notwendig, die zu den oben erwähnten 230 000 t noch hinzu kämen.

Die Richtigkeit dieser Ansicht wird durch folgendes Beispiel aus der landwirtschaftlichen Praxis bestätigt. Es ist eine altbekannte Erfahrung, daß durch Anwendung von 1 Doppelzentner Chilesalpeter mehr auf den Hektar eine Mehrernte von 3 bis höchstens 4 Doppelzentnern Körnern erzielt wird. Nun haben wir im Jahre 1913 (zumeist aus Rußland) 3 Mill. t Futtergerste eingeführt. Wenn wir diese Menge in Deutschland mehr ernten wollten, so wären hierzu rund 750 000 t Chilesalpeter oder 115 000 t Stickstoff in anderer Form erforderlich. Diese Menge stimmt zufällig genau mit der Salpetermenge überein, die wir vor dem Kriege insgesamt aus Chile bezogen haben, und weiter stimmt diese Zahl zufällig auch wieder genau mit der Stickstoffmenge überein, die unserer gesamten Landwirtschaft heute zur Verfügung steht. (Zeitschr. f. angew. Chem. 1919, Bd. *II*, S. 437.) *S.*

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Isotope Elemente. Unter Isotopen versteht man bekanntlich Elemente, welche den gleichen Platz im periodischen System der Elemente einnehmen, demnach Elemente mit gleicher Kernladung im Sinne der Rutherford-Bohrschen Atombautheorie, sowie mit der Zahl und im wesentlichen auch der Lage nach übereinstimmenden, den Kern umgebenden Elektronen.

Die im Cavendish-Laboratorium in Cambridge ausgeführten Arbeiten von *F. W. Aston* haben nun höchst wichtige Ergebnisse gezeitigt (vgl. „Die Naturwissenschaften", dies. Jg., S. 289), über welche bisher allein kurze vorläufige Mitteilungen in der „Nature" vorliegen. Nur über den von *Aston* konstruierten und benutzten *„Spektrographen für positive Strahlen"* ist mittlerweile ausführlicher berichtet worden [Phil. Mag. (6) *38*, 707/14, 1919]. Dies ist ein Apparat, der die Bahnen von positiven Kanalstrahlenteilchen (die ein bestimmtes Verhältnis von elektrischer Ladung e zur Masse m aufweisen) unabhängig von ihrer Geschwindigkeit als scharf fokussierte Linien, nach der Größe von e/m geordnet, photographisch fixiert. Die positiven Teilchen gelangen hier bei nach ihrem Durchgange durch zwei sehr enge Spalte durch ein elektrisches Feld, dann durch einen weiteren Spalt und ein magnetisches Feld, welches so gerichtet ist, daß die von ihm hervorgerufene Ablenkung der geladenen Teilchen entgegengesetzt der vom elektrischen Felde herrührenden Ablenkung gerichtet ist. Durch die erzielte Fokussierung gelang

eine merkbare Steigerung der Genauigkeit der Messung von e/m und infolgedessen die Feststellung der Isotopie bei Elementen, wie Neon, Chlor sowie Quecksilber (Nature *104*, 393, 1919).

Eine neuere bemerkenswerte Mitteilung von *Aston* berichtet über weitere erfolgreiche Untersuchungen über Massenspektren mit diesem Spektrographen für positive Strahlen (Nature *105*, 104/5, 1920). *Argon* mit dem Atomgewicht gleich 39,88 nach *Ramsay*, bzw. 39,91 nach *Leduc*, widerspricht der älteren Anordnung der Elemente nach ansteigendem Atomgewicht; *Mendelejeff* hatte daher ihm ein Atomgewicht gleich 36 zugeschrieben und die Beimengung eines dichteren Edelgases vermutet. *Aston* findet aber eine sehr starke Linie genau bei 40, eine doppelt geladene bei 20 und eine dreifach geladene bei $13^1/_3$; ferner eine feine Linie bei 36, während die entsprechenden doppelt und dreifach geladenen Massenteilchen in Anbetracht des Vorkommens von H_2O ($m = 18$) und von C ($m = 12$) nicht feststellbar waren. Das weniger dichte Argon dürfte 3 % des gewöhnlichen ausmachen.

Helium wurde mit doppelt geladenem O (8) und C (6) verglichen, und seine Masse wurde innerhalb 2 bis 3 ‰ genau gleich 4 gefunden. *Wasserstoff* besitzt bekanntlich ein Atomgewicht gleich 1,008, bezogen auf das von Sauerstoff genau gleich 16; die Massenspektralanalyse ergibt den *gleichen, von ganzen Zahlen abweichenden Wert* nach den Linien von H_3, H_2 sowie H. (Hier sei auch auf die vergeblichen Versuche von *O. Stern* und *M. Vollmer*, Ann. d. Phys. *59*, 225, 1919, hingewiesen, Isotopie bei Wasserstoff und Sauerstoff festzustellen.) *Stickstoff* ist nach *Aston* augenscheinlich rein; der doppeltgeladene N entspricht genau 7. Bei *Krypton* (Atomgew. = 82,92) konnten 6 Linien beobachtet werden, nämlich bei 78, 80, 82, 83, 84 und 86; die letzten 5 Linien sind stark, meistens durch 2- und 3fach geladene Träger gut beglaubigt; nur die Linie mit $m = 78$ ist schwach. Bei diesem Element wurden zum ersten Male Isotope festgestellt, deren Atommassen sich nur um 1 unterscheiden. *Xenon* (Atomgew. = 130,2) zeigte wegen des geringen Partialdruckes nur die auf einfach geladene Träger zurückgehenden Linien; sie schienen der Regel der Ganzzahligkeit zu folgen: 128, 130, 131, 133 und 135. *Quecksilber* zeigte eine starke Linie, entsprechend 202, eine schwache, entsprechend 204, sowie eine starke, noch nicht aufgelöste Bande zwischen 197 und 200.

Der frühere Brief von *Aston* an die Nature (*104*, 393, 1919) hat nun *W. D. Harkins* veranlaßt, zum dort mitgeteilten Nachweise der *Isotopie von Chlor* Stellung zu nehmen und über eigene, dieselbe Frage betreffende *Diffusionsversuche* zu berichten. Er hatte, ähnlich wie vor ihm *Fajans* sowie *Swinne*, die Abweichungen gewisser Atomgewichte von ganzen Vielfachen des Wasserstoff- bzw. Heliumatomgewichtes auf isotope Gemenge zurückgeführt (J. Am. Chem. Soc. *37*, 1387/91, 1915). Im Februar 1916 veröffentlichte *Harkins* eine Notiz, daß er Versuche über die Trennung von Chlor durch Diffusion begonnen habe (Phys. Rev. *38*, 221, 1916). 1917 konnten bereits von seinem Assistenten *W. D. Turner* (allerdings nicht einwandfrei!) geringe Unterschiede in der Dichte zwischen den schwereren und leichteren Anteilen der fraktionierten Diffusion nachgewiesen werden. Die während der drei letzten Jahre ausgeführten Versuche benutzten nicht mehr elementares Cl_2 (von welchem bei 2 Isotopen 3 verschiedene molekulare Formen vorhanden sein müßten), sondern *Chlorwasserstoff*, von welchem im gleichen Falle nur 2 verschiedene Molekeln zu trennen wären. Die von *Harkins* zusammen mit *C. E. Broeker* in mittelgroßem Betrage durchgeführten Diffusionsversuche scheinen auf Grund vorläufiger Analysen eine endgültige Trennung des Chlorwasserstoffgases in einen schwereren und einen leichteren Anteil ergeben zu haben. Nach diesem vorläufigen Ergebnis scheint die Anwendung der Rayleighschen Diffusionstheorie für die *Atomgewichte 35* und *37* zu *ergeben* (folglich in Übereinstimmung mit den Astonschen Massenspektrogrammen). Doch liegen auch, wenn schon noch nicht genügend sichere, *Angaben über die Gegenwart des dritten Anteils mit noch größerem Atomgewicht* vor. Im ganzen sind seit 1916 ca. 19 000 Liter Chlorwasserstoffgas diffundiert worden; mit dem neu gebauten Apparat können täglich 400 l diffundiert werden; doch hoffen die Forscher, die Kapazität bis auf 1000 l zu steigern. Dabei beziehen sich diese Zahlen nur auf das frisch eingeführte Gas, nicht aber auch auf das zurückdiffundierte. — Die von *Harkins* im Anschluß hieran gebrachten Ausführungen über den Bau der Atomkerne enthalten im allgemeinen wenig Neues und sollen daher in anderem Zusammenhang besprochen werden.

Aston (Nature *105*, 231, 1920) bemerkt zu diesem Briefe von *Harkins*, daß seine früheren Versuche, *Neon durch Diffusion zu trennen*, ein sehr kärgliches Ergebnis gezeitigt hatten; dabei tritt bei Neon nur die *20.* Wurzel in der Diffusionsgleichung auf, während bei Chlorwasserstoff bereits die 36. Wurzel vorliegt. Der bereits im Druck befindliche vollständige Versuchsbericht enthalte auch Hinweise auf ein *3. Chlorisotopes*, indem nämlich eine feine Linie *entsprechend* $m = 39{,}0$ festgestellt wurde. Im Gegensatz zu der von *Harkins* erörterten Isotopie von Wasserstoff verweist *Aston* auf das oben bereits mitgeteilte neuere Ergebnis, daß m bei ihm sich gleich 1,008 ergibt, und nicht gleich 1.

Dieser Isotopenachweis bei Chlor veranlaßt *Th. R. Merton* und *H. Hartley* in einem Briefe an die Nature (*105*, 104, 1920), auf eine bei den meisten anderen Elementen nicht anwendbare Methode der *Isotopentrennung* hinzuweisen, welche auf gewissen Voraussetzungen bezgl. der Herkunft der *Absorptionslinien im Chlorspektrum* und der Beziehung dieser Linien zu den drei bei Chlor möglichen Molekelarten beruht ($Cl_{35}Cl_{35}$, $Cl_{35}Cl_{37}$, $Cl_{37}Cl_{37}$). Es sollte nach ihnen unter bestimmten Bedingungen die fast ausschließliche Bildung von HCl_{37} möglich sein (unter dem Einfluß von durch Chlorgas gefilterter, im bestimmten Maße geschwächter weißer Lichter).

J. Joly und *J. H. J. Poole* berichten über vergebliche Versuche, durch *Zentrifugieren von geschmolzenem, gewöhnlichem Blei* Dichtenunterschiede zwischen dem Kopf- und Fußanteil nachzuweisen (Phil. Mag. *39*, 372, 1920). Bei 9000 Umdrehungen in der Minute konnte nach 1stündigem Zentrifugieren keine außerhalb der 0,003 % betragenden Versuchsfehler liegende Dichteänderung festgestellt werden. Nach den Berechnungen von *Lindemann* und *Aston* wäre bei einer peripherischen Geschwindigkeit von 10^4 cm/sek ein Konzentrationsunterschied von nur ½ % unter gewissen Annahmen zu erwarten, demnach 0,005% Dichteunterschied. Voraussetzung dieser Versuche ist die Annahme, daß gewöhnliches Blei ein Gemenge von Uranblei (Atomgew. = 206) und Thorblei (Atomgew. = 208) sei, welche bei gleichem Atomvolumen eine verschiedene Dichte aufweisen. *R. Swinne.*

Radioaktivität und Relativitätstheorie. Im Anschluß an sein ursprüngliches Relativitätsprinzip (für gleichförmig bewegte Systeme) hat *Einstein* (Ann. d. Phys. (4) *18*, 639, 1905) bekanntlich der *Energie Trägheit* zugeschrieben. Unter Verwendung des von *Planck* in diesem Sinne aus der Wärmeentwicklung von Radium berechneten jährlichen Massendefektes (gleich Energieänderung, geteilt durch das Quadrat der Lichtgeschwindigkeit) dieses Elementes und seiner mittleren Lebensdauer weist *Einstein* (Jahrb. f. Rad. u. El. *4*, 413, 1907) auf eine indirekte Methode hin, welche die berechenbare Massenverminderung nachzuweisen gestatten könnte. Dies ist der Vergleich des Atomgewichtes des zerfallenden Atoms mit der Summe der Atomgewichte der Endprodukte des radioaktiven Zerfalls. *Swinne* zieht in Verfolgung des gleichen Gedankens (Phys. Ztschr. *14*, 146, 1913) die Massendefekte heran, welche besonders bei den α-strahlenden Radioelementen aus der Geschwindigkeit der α-Strahlen genau berechenbar sind: von 0,0049 g für ein Grammatom Uran 1 bis zu 0,0110 g bei Thorium C_2. Beim Abbau von Uran 1 bis zu Radium G wäre durch die Energie aller ausgesandten Strahlen eine Massenverminderung von 0,052 g pro Grammatom Uran bedingt. Doch genügen die vorliegenden Atomgewichte solchen Genauigkeitsansprüchen nicht; auch differieren die Werte für Helium noch zu stark: nach *Watson* — 3,994, nach *Heule* — 4,002. *Swinne* erörtert auch die sich hieraus ergebenden Folgerungen für die Abweichungen der Atomgewichte der gewöhnlichen Elemente von ganzen Vielfachen der Einheit (Proutsche Hypothese) und findet, daß die kleineren Abweichungen in diesem Sinne erklärbar seien. Ähnliche Ausführungen hat bald nach *Swinne* auch *Langevin* gemacht. (J. de Phys. (5) *3*, 386/8, 1913. Die größeren Abweichungen hat die Fajanssche Isotopentheorie bereits 1913 verständlich gemacht; die überraschenden Erfolge der Astonschen elektromagnetischen positiven Strahlenanalyse hat nun um die verflossene Jahreswende dieser Auffassung wohl zum Siege verholfen.

Nach der kürzlich erschienenen vorläufigen Mitteilung von *Aston* (Nature *105*, 104, 1920) erweisen sich, gleichwie Sauerstoff und Kohlenstoff, auch Wasserstoff und Helium als im Panethschen Sinne „reine" Elemente, somit nicht als Isotopengemische. Dies steht in Übereinstimmung mit dem negativen Ergebnis von *Stern* und *Volmer* (Ann. d. Phys. *59*, 225, 1919), Isotopie bei Wasserstoff bzw. Sauerstoff durch Diffusion durch eine Tonwand festzustellen. Da nun das Atomgewicht von Helium (4,00) sicher geringer ist, als der vierfache Betrag des Atomgewichts von Wasserstoff (1,008), da auch die Atomgewichte von Kohlenstoff (12,00) und Sauerstoff (16,000) gleichfalls unterhalb des 12- bzw. 16 fachen Betrages von H liegen, so erscheint die Deutung dieser bevorzugten Rolle des Heliumkernes beim Aufbau der Atomkerne sehr wünschenswert. Hierzu kann die Trägheit der Energie herangezogen werden, indem dieser Massendefekt auf den bei der Heliumbildung aus Wasserstoff stattgehabten Energieverlust zurückgeführt wird. Solche spezielle Anwendungen der Swinneschen Hypothese liegen mehrfach vor: bei *Harkins* (Phil. Mag. (6) *30*, 732, 1915) und *Lenz* (S.-B. Akad. München 1918, 362, insbesondere „Die Naturw." *8*, 181, 1920).

Nach der verallgemeinerten Einsteinschen Relativitätstheorie sind *träge und schwere Masse einander äquivalent*, so daß sich schwere Masse in der gleichen Weise wie träge Masse dem Energieinhalt proportional ändern würde. In diesem Sinne ist oben kein Unterschied zwischen Atomgewichten und Atommassen gemacht worden. *Einstein* beruft sich hierbei auf die klassischen Versuche von *Eötvös*, der bei den von ihm untersuchten nicht radioaktiven Stoffen innerhalb eines hundertmilliontel Proportionalität zwischen schwerer und träger Masse messen konnte (vgl. *Weinstein*, Sammlung Vieweg Nr. 8, 49, 1914). Diese experimentelle Begründung ist allein dann als vollwertig anzusehen, falls im Sinne der Proutschen Hypothese mit dem Aufbau der Elemente aus Wasserstoff gerechnet wird. Denn *Eötvös* hat sowohl wasserstoffhaltige als auch wasserstofffreie Stoffe untersucht; Wasserstoff ist nun aber nach den obigen Ausführungen ein Element, das gegenüber Helium, Kohlenstoff, Sauerstoff und wohl auch anderen einen greifbaren Überschuß an Energie, somit an träger Masse, aufweist. Bei den übrigen gewöhnlichen Elementen könnte ja die von *Eötvös* beobachtete Proportionalitätsgrenze auf entsprechend sehr geringe Energieänderungen bei deren Aufbau zurückgeführt werden. Es erscheint sehr wünschenswert, das Verhältnis der trägen zur schweren Masse bei Uran sowie bei Radium G (Radiumblei vom Atomgewicht 206,0) zu bestimmen, da ja hier der aus dem Energieverlust sich ergebende Massendefekt genügend genau berechenbar ist (0,05 g nach *Swinne*). Die vor 10 Jahren im J. J. Thomsonschen Laboratorium ausgeführten Versuche (*L. Southerns*, Prd. Roy. Soc. London 84 A, 325, 1910) mit Uranoxyd und *gewöhnlichem* Bleioxyd sind nicht beweisend (vgl. auch *P. Langevin*, J. de Phys. (5) *3*, 584/6, 1913).

Bekanntlich ist bisher eine Beeinflußbarkeit der radioaktiven Umwandlungen nicht beobachtet worden, weder bezüglich der Zerfallsgeschwindigkeit, noch der Zerfallsenergie, welch beide Größen ja in Beziehung miteinander stehen (vgl. *Swinne*, Phys. Ztschr. *13*, 14, 1912). Wenn die Geschwindigkeit der Umwandlung eines Elementes in ein anderes unbeeinflußbar wäre, so läge ja eine absolute Uhr vor, was nach dem Relativitätsprinzip unzulässig ist. Vielmehr ist die Gangeschwindigkeit einer Uhr nach der allgemeinen Relativitätstheorie proportional $(1 + \Phi)$, wo Φ das Gravitationspotential bedeutet (*A. Einstein*, Berl. Ber. 1914, 1084). Das gleiche Wachstum mit dem Gravitationspotential wäre nun auch für die radioaktive Zerfallsgeschwindigkeit zu erwarten. In diesem Zusammenhange sei auf eine Anregung von *Schuster* hingewiesen, eine Beeinflußbarkeit des radioaktiven Zerfalls durch die Gravitation festzustellen. Wie *Rutherford* kürzlich mitteilte (Nature *104*, 412, 1919), wurde zu diesem Behuf eine Methode der Feststellung des Abfalls der Radiumemanation über etwa 100 Tage ausgearbeitet; es wurde geplant, den Abfall von Proben zu untersuchen, welche nach entsprechenden Teilen der Erdoberfläche transportiert werden sollten. Durch den Kriegsausbruch wurde aber auch dieser Plan vereitelt.

Nach der Einsteinschen Theorie ist aber eine Gravitationsbeschleunigung in keinem Sinne verschieden von einer Zentrifugalbeschleunigung. Dies veranlaßte *Rutherford*, zusammen mit *Compton* im Cavendish-Laboratorium in Cambridge zu untersuchen, ob eine Änderung der radioaktiven Zerfallsgeschwindigkeit durch hohe Zentrifugalbeschleunigung hervorgerufen wird, wie sie durch Anbringen des Präparats am Rande eines Spinnrades erreicht werden kann; dabei wurde die γ-Strahlen-Aktivität mittels einer empfindlichen Ausgleichsmethode gemessen. Obgleich die Zentrifugalbeschleunigung mehr als 2000-mal so groß als die Schwere war, konnte innerhalb 1 Promille keine Ände-

rung des radioaktiven Zerfalls beobachtet werden (Nature *104*, 412, 1919). Wendet man die unten mitgeteilte Beziehung von *Donnan* auf diesen Fall an, so ist ein noch viel geringerer Effekt zu erwarten, so daß er durch solche Messungen gar nicht nachgewiesen werden könnte.

Da nach *Swinne* die Geschwindigkeit des radioaktiven Zerfalls mit der hierbei freiwerdenden Energie verknüpft ist, wäre ja auch eine Abhängigkeit der letzteren vom Gravitationspotential im Sinne der Einsteinschen Theorie zu erwarten. *Donnan* leitete (Nature *104*, 392/3, 1919) so eine Beziehung für die durch die Energieabgabe bei physikalischen Zustandsänderungen oder chemischen Reaktionen (im Sinne der Trägheit und Schwere der Energie) bedingte Massenänderung in Abhängigkeit von Intensitätsänderungen des Schwerefeldes ab. Mittels eines einfachen isothermen Kreisprozesses wird der Massenunterschied zwischen dem ursprünglichen und dem Endzustande gleich $\left(\frac{\partial Q}{\partial \Phi}\right)_{p,t}$ erhalten, wo Q die bei konstantem Druck und konstanter Temperatur entwickelte Wärme und Φ das Gravitationspotential bedeuten. Insbesondere bei den die größten bekannten Energieumsetzungen ergebenden radioaktiven Umwandlungen wäre demnach die austretende Energie in starken Gravitationsfeldern größer als in schwachen. Bei gewöhnlichen physikalischen und chemischen Vorgängen wäre wegen der verschwindenden Massenänderung auch die Beeinflussung der Reaktionswärme durch das Gravitationspotential verschwindend. *R. Swinne.*

Weiteres über die Beziehungen der Aldehyde zur alkoholischen Gärung. (Über die Beziehungen der phytochemisch reduzierbaren Substanzen zum Vorgange der alkoholischen Gärung und über die Natur der Aktivatorwirkung. *Carl Neuberg* und *Marta Ehrlich.* Biochem. Z. *101*, H. 4/5, 1920.) *Neuberg* setzt in diesen beiden Arbeiten seine wichtigen Studien über den inneren Mechanismus des fermentativen Zuckerzerfalles fort. Nachdem er schon 1918 die Tatsache festgestellt, daß eine große Reihe von *Aldehyden* (33) eine stark stimulierende Wirkung auf die Alkoholgärung durch Hefe haben, und zwar u. U. bis auf das Hundertfache der Wirkung, erweitert er nun diese Kenntnis durch Untersuchung einer weiteren Reihe der verschiedensten Aldehyde, so daß nun im ganzen 71 Aldehyde als wirksam befunden sind. Die Wirkung tritt besonders in Hefemacerationssäften auf, weil in diesen von Hause aus nur wenig natürlich gebildete Aldehyde vorhanden sind, während in der *lebenden* Zelle beim Umsatz der Aminosäuren stets von selbst Aldehyde entstehen, nämlich auf dem Wege über die *Ketosäuren* nach der Desaminierung:

$$X \cdot CH\begin{matrix}\diagup NH_2\\ \diagdown COOH\end{matrix} \rightarrow XCO \cdot COOH + NH_3 -$$

Doch konnte auch an lebenden Hefen (Oberhefen) die aktivierende Wirkung aufgezeigt werden. Die Aldehyde gehörten den allerverschiedensten Reihen an: einfache vom Formaldehyd bis zum Stearinaldehyd, Amino-, Oxy-, Chloraldehyde, aromatische und heterocyklische wirken ohne Ausnahme; auch, was besonders bemerkenswert, die an sich nicht gärenden Aldehydzucker (Pentosen, Milchzucker) und natürliche Fruchtsäfte. Es handelt sich also um die Aldehydgruppe *als solche.* Die Ansicht, daß diese für die Zelle und ihre Fermente ein Gift sei, trifft also jedenfalls für die Hefenfermente absolut nicht zu.

Die Ursache für diese gewaltige Steigerung der Reaktion sucht *Neuberg* in der *reduzierenden* Wirkung der CHO-Gruppe. Normalerweise bleibt bei der Zymasewirkung immer eine konstante Menge *Acetaldehyd* erhalten, der also der normale Katalysator ist, und durch zugesetzte Aldehyde namentlich im Beginn der Gärung, wo er noch nicht vorhanden ist, ersetzt werden kann. Sie wirken als *Acceptoren* für den *„Gärungswasserstoff"*, der bei der Dehydrierung des ersten Zwischenproduktes (Methylglyoxal) zur Brenztraubensäure freigesetzt wird:

$$CH_3CO \cdot CH\begin{matrix}\diagup OH\\ \diagdown OH\end{matrix} + Acc. = CH_3 \cdot CO \cdot C\begin{matrix}\diagup O\\ \diagdown O{-}H\end{matrix} = Acc.\,H_2$$

Wenn das richtig ist, müssen die Aldehyde durch andere Stoffe ersetzbar sein, welche durch Hefe reduzierbar sind. Das hat sich an Ketonen und Diketonen bewahrheitet, ferner an Nitrokörpern, Natriumthiosulfat, Thioaldehyden usw. Erwähnt sei, daß auch die mehrwertigen Zuckeralkohole (schwächer) wirksam sind, andere Alkohole und Säuren nicht. *Die Aktivatorwirkung hängt also untrennbar mit der Fähigkeit zur phytochemischen Reaktion zusammen. C. O.*

Kolloidchemie und Meteorologie. (*A. Schmauß*, Met. Zeitschr. 1920, S. 1—8.) Die Atmosphäre ist nicht bloß eine molekulare Lösung von Gasen, sondern enthält auch Bestandteile von größeren Dimensionen, ähnlich wie kolloidale Lösungen. Man kann daher den Versuch machen, die Erfahrungen der Kolloidchemie auf die Meteorologie zu übertragen, was in der vorliegenden Arbeit geschehen ist. Die Betrachtung der Atmosphäre als „Aerosol" läßt manchen Witterungsvorgang verständlicher erscheinen, insbesondere gibt die Theorie der Stabilität eines Kolloids auf Grund elektrischer Ladungen, der Koagulation eines Kolloids auf Grund der Vorstellungen von *v. Smoluchowski* wertvolle Ausblicke auf das Problem der Wolken- und Niederschlagsbildung. Es gibt hier manche Vorgänge, bei welchen einer kleinen Ursache eine große Wirkung entspricht, wobei also unbedingt *neben* den dynamischen und thermodynamischen Betrachtungen die Überlegungen der Kolloidchemie mitzusprechen haben. *Aytoreferat.*

In der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin hielt am 5. Juni 1920 Herr Gouverneur Dr. *Ebermaier* einen Vortrag über **Kamerun im Weltkriege.** Er schilderte im wesentlichen die militärischen und Verwaltungsmaßregeln, die es den rund 1000 Deutschen ermöglichten, sich so lange gegen die feindliche Übermacht zu behaupten. Die Barre, welche die Einfahrt nach Duala für größere Schiffe sperrte, war kurz vor Ausbruch des Krieges durchstochen und damit eine wesentliche Verbesserung der Seeverbindung erzielt worden. Das Land, dessen Einwohnerzahl nicht, wie meistens angegeben wird, 3, sondern 5 Millionen beträgt, bietet reiche Entwickelungsmöglichkeiten, denn große Gebiete eignen sich als Siedlungsland für den Europäer, weil nicht nur das Grasland und die Hochflächen, sondern auch weite Teile des Urwaldes gesund sind. Der letztere ist übrigens nicht so unwegsam, wie er oft geschildert wird, sondern, insbesondere zur Trockenzeit, verhältnismäßig leicht passierbar. *O. B.*

Berichtigung.

In der astronomischen Mitteilung *zur Theorie der Helligkeit des Saturnringes* soll es S. 586 2. Spalte Zeile 20 v. u. statt Dichte 0,01 heißen: Dichte von 0,1 — 0,01.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 31. (Seite 611—626) **30. Juli 1920.** **Achter Jahrgang.**

U. S. Department of Agri...

INHALT:

Die Insuffizienzkrankheiten des Säuglings. Von *S. Samelson, Breslau.* S. 611.

Die organische Elementarsynthese in der Technik. Von *Erich Baum, Solln b. München.* (Schluß.) S. 616.

Besprechungen:

Bolk, L., Odontologische Studien. III. Zur Ontogenie des Elefantengebisses. Von *L. Glaesner, Hildesheim.* S. 622.

Boas, J. E. V., Lehrbuch der Zoologie für Studierende. Von *Walther May, Karlsruhe.* S. 623.

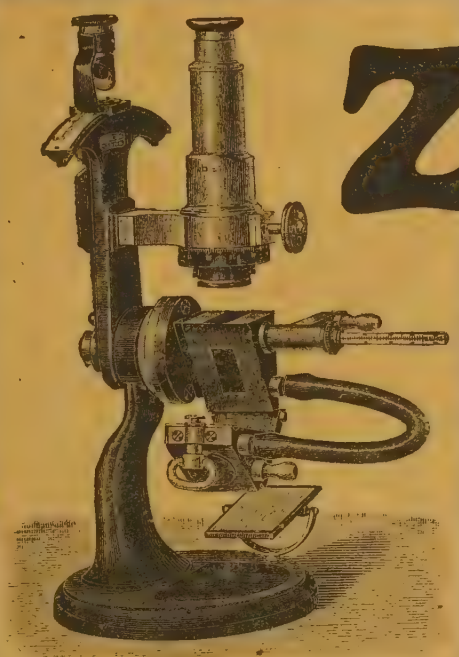
Oppenheimer, C., und O. Weiß, Grundriß der Physiologie. Von *P. Rona, Berlin.* S. 624.

Noorden, Carl v., und Hugo Salomon, Handbuch der Ernährungslehre. Von *A. Pütter, Bonn.* S. 624.

Naef, Adolf, Idealistische Morphologie und Phylogenetik. Von *L. Glaesner, Hildesheim.* S. 625.

Růžička, VI., Restitution und Vererbung. Von *J. Schaxel, Jena.* S. 626.

Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. Von *E. Küster, Bonn.* S. 626.



Zeiss
Abbe-Refraktometer
mit heizbaren Prismen
zur chemischen Analyse

ZEISS

Abbe -Refraktometer
Butter -Refraktometer
Eintauch -Refraktometer
Zucker -Refraktometer
Pulfrich -Refraktometer
Kristall -Refraktometer
Differenz -Refraktometer
Milchfett -Refraktometer

BERLIN HAMBURG CARL ZEISS JENA WIEN BUENOS AIRES

Druckschriften kostenlos

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 26.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1,50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Handbuch der Ernährungslehre

Erster Band:

Allgemeine Diätetik

(Nährstoffe und Nahrungsmittel, allgemeine Ernährungskuren)

Von

Dr. **Carl von Noorden** und Dr. **Hugo Salomon**

Geheimer Medizinalrat und Professor in Frankfurt a. M. — Professor in Wien

(Aus „Enzyklopädie der klinischen Medizin". Allgemeiner Teil: Handbuch der Ernährungslehre. In 3 Bänden. Bearbeitet von C. v. Noorden, H. Salomon, L. Langstein.)

Preis M. 68.—

(*Siehe Besprechung auf Seite 624 und 625 dieser Nummer*)

Soeben erschien:

Die im Kriege 1914—1918 verwendeten und zur Verwendung empfohlenen Brote, Brotersatz- und Brotstreckmittel

unter Zugrundelegung eigener experimenteller Untersuchungen

Zugleich eine Darstellung der Brotuntersuchung und der modernen Brotfrage

Von

Professor Dr. med. et phil. **R. O. Neumann**

Geheimer Medizinalrat, Direktor des Hygienischen Institutes der Universität Bonn

Mit 5 Textabbildungen

Preis M. 28.—

Soeben erschien:

Lehrbuch der Diätetik

des Gesunden und Kranken

Für Aerzte, Medizinalpraktikanten und Studierende

Von

Professor Dr. **Theodor Brugsch**

Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage

Gebunden Preis M. 20.—

Hierzu Sortimentszuschläge

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 30. Juli 1920. Heft 31.

Die Insuffizienzkrankheiten des Säuglings.

Von S. Samelson, Breslau.

Die für den Aufbau und die Erhaltung des tierischen Organismus nötigen Nahrungsstoffe sind zum Teil für die verschiedenen Tierarten spezifisch; sie verdanken ihre Entstehung einem im tierischen Organismus selbst stattfindenden chemischen Vorgang und fehlen daher in der artfremden Nahrung. Auf der anderen Seite gibt es Stoffe, die nur außerhalb des tierischen Organismus entstehen — hierher gehören vor allem die anorganischen Substanzen, aber auch organische Verbindungen — und solche, die sich wohl in der Nahrung fertiggebildet finden, die aber auch im Organismus selbst entstehen können, ohne daß damit gesagt wäre, daß die auf dem letzteren Wege entstehende Menge groß genug sei, um das Bedürfnis des Organismus zu befriedigen. Ist dies nicht der Fall, so muß eine weitere Menge dieser Stoffe in der Nahrung zugeführt werden. Geschieht dies längere Zeit hindurch nicht, oder entbehrt die Nahrung einen für den Organismus lebenswichtigen anorganischen Stoff oder einen nur außerhalb des tierischen Körpers entstehenden organischen Nahrungsstoff, so kommt es früher oder später zu Ernährungsstörungen, die man am besten mit *Franz Hofmeister* als Insuffizienzkrankheiten bezeichnet. Solche Krankheiten sind Beriberi, Skorbut, Pellagra.

Auch beim Säugling kennen wir derartige Erkrankungen, und wir sind im Begriff, weitere Krankheitsbilder des Säuglingsalters als Folgen insuffizienter Nahrung auffassen zu lernen. Hierüber möchte ich kurz das Wesentliche darstellen.

Wir können drei verschiedene große Gruppen von Stoffen, die durch ihr Fehlen die hierhergehörigen Krankheiten erzeugen, und damit drei Gruppen von Insuffizienzkrankheiten unterscheiden. Da wären zunächst die auf dem Mangel an anorganischen Nährstoffen beruhenden zu nennen, über die sich in der Literatur eine Reihe von Erfahrungen beschrieben findet, die durch Fütterungsversuche an Tieren gewonnen sind und die sich auf chlor-, calcium-, phosphor- und eisenarme Nahrung beziehen. Uns interessiert am meisten *die Wirkung kalkarmer Nahrung*, weil sie uns im Verein mit theoretischen Erwägungen vielleicht die Möglichkeit gibt, die englische Krankheit (Rachitis) des Säuglings als Insuffizienzkrankheit aufzufassen. In der Tat hat schon vor fünfzig Jahren *Roloff* gezeigt, daß sich bei rasch wachsenden Säugetieren durch kalkarme Ernährung ein der Rachitis sehr ähnliches Krankheitsbild erzeugen läßt. Bei kalkarm genährten jungen Hunden trat nach einigen Wochen Schmerzhaftigkeit bei Bewegungen, Anschwellung der Gelenke, Verkrümmungen der Beine und Auftreibungen der Knorpelknochengrenzen der Rippen auf. Die Knochen zeigten bei der genaueren Untersuchung das anatomische Bild der Rachitis. In Kontrollversuchen mit kalkangereicherter Ernährung fehlten diese rachitischen Veränderungen. Ähnliche Resultate fanden seitdem eine ganze Reihe von Forschern. Jedoch deckte eine genauere mikroskopische Untersuchung der grob anatomisch von den Knochen des rachitischen Säuglings nicht zu unterscheidenden Knochen der Versuchstiere gewisse Unterschiede auf. Trotzdem ist die Ähnlichkeit vor allem des klinischen, aber auch des pathologisch-anatomischen Bildes noch groß genug, um zu der Annahme zu berechtigen, daß es sich in beiden Fällen um gleichartige chemische Vorgänge im Knochen handelt. Damit ist allerdings eine Gleichartigkeit der Krankheitsursache noch nicht bewiesen. Ihre Annahme ist aber naheliegend, wenn wir bedenken, daß dem jungen Säugling tatsächlich zu wenig Kalk in der Nahrung zur Verfügung steht, was aus der folgenden Berechnung von *Aron* hervorgeht.

Der Kalkgehalt des Körpers des jungen Säuglings bei der Geburt und in den ersten Lebensmonaten beträgt 0,9 %, so daß bei einer Gewichtszunahme um 100 g 0,9 g Kalk in der Nahrung zugeführt werden muß. Der täglichen durchschnittlichen Zunahme von 30 g würde also eine Menge von 0,27 g Kalk entsprechen oder eine Menge von 1 l Frauenmilch, da diese ca. 0,03 % Calcium enthält. In den ersten Lebensmonaten liegt jedoch die Menge der tatsächlich von dem Kinde getrunkenen Milch weit unter dieser Zahl, d. h. die Nahrung ist zu arm an Kalk. Erinnern wir uns nun der Ergebnisse des Tierexperiments, so erscheint der Schluß wohl naheliegend, daß zwischen der kalkarmen Nahrung und dem Auftreten der Rachitis auch beim Säugling ein ursächlicher Zusammenhang besteht. Freilich so einfach liegen die Dinge nur bei dem natürlich genährten Kinde, bei dem zudem die schweren Grade der Rachitis, wie wir sie beim Flaschenkind sehen, nur selten vorkommen. Wollen wir bei diesem an der Erklärung der Rachitis als Insuffizienzkrankheit festhalten, so müssen wir noch weitere Umstände, unter denen sicher die Konstitution, vielleicht ein angeborener Kalkmangel eine Rolle spielen werden, zur Erklä-

rung der Annahme heranziehen, daß hier die mit der Kuhmilch angebotene an sich große Kalkmenge zu einer ungenügenden wird.

Wir kämen nunmehr zu einer zweiten Gruppe von Insuffizienzkrankheiten, die bedingt sind durch *unterwertige Eiweißkörper.*

Versuche von *Röhmann, Hopkins* und *Wilcox, Osborn* und *Mendel* sowie die von *Abderhalden* haben gezeigt, daß gewisse Aminosäuren fertig gebildet mit dem Nahrungseiweiß aufgenommen werden müssen, weil sie zu den vom tierischen Organismus nicht selbst darstellbaren gehören und andererseits unbedingt zur Erhaltung des Lebens notwendig sind. Der Forderung, alle diese Aminosäuren zu enthalten, entsprechen nun nicht alle Eiweißkörper, die wir mit *Hofmeister* je nach ihrem Gehalt an lebenswichtigen Bestandteilen als vollwertig oder unterwertig bezeichnen können. In Fütterungsversuchen, in denen zu einer zweckentsprechenden, fett-, kohlehydrat- und salzhaltigen, aber eiweißfreien Grundnahrung die reinen Eiweißkörper zugesetzt werden, lassen sich diese auswerten. Füttert man z. B. Hunde neben der Grundnahrung mit Casein, so gedeihen die Tiere dabei vorzüglich. Damit hat sich das Casein als vollwertiger Eiweißkörper erwiesen. Das gute Gedeihen bleibt nun erhalten, wenn man, wie *Abderhalden* das getan hat, die Tiere mit einem Gemisch aus den einzelnen Bestandteilen des Caseins, den es zusammensetzenden Aminosäuren, in die man es zerlegen kann, füttert. Wird jedoch aus diesem Aminosäurengemisch ein Körper, nämlich das Tryptophan, weggelassen, so gelingt es nicht mehr, die Tiere im Stickstoffgleichgewicht zu erhalten und sie gehen zugrunde. Damit ist das Tryptophan als ein lebenswichtiger Eiweißbaustein charakterisiert, dessen Fehlen unter den Spaltungsprodukten des Leims wohl dessen biologische Unterwertigkeit bedingt. Das hat *Kaufmann* dadurch bewiesen, daß er den Leim, der nach Untersuchungen von *Voit* und *Munk* als alleiniges Nahrungseiweiß nicht imstande ist, Stickstoffgleichgewicht zu erzeugen, durch Tryptophanzugabe zu einem vollwertigen Eiweißkörper machte, mit dessen Hilfe es ihm gelang, die Stickstoffabgabe in fünftägigem Selbstversuch bedeutend herabzudrücken. *Abderhalden* und *Rona* konnten sogar den beim Hunde durch Fütterung mit abgebautem in die Aminosäuren zerlegten Leim entstehenden Stickstoffverlust durch Zugabe von Tryptophan fast völlig unterdrücken.

Ich bin auf diese Versuche so ausführlich eingegangen, weil wir hier wiederum eine Beziehung zu unserem Thema, den Insuffizienzkrankheiten des Säuglings, finden werden. Es gibt nämlich einen Leimnährschaden des Säuglings, den *Gregor* vor 20 Jahren beschrieben hat, der freilich im Laufe der Jahre in Vergessenheit geraten ist, weil er praktisch keine Rolle spielt. Aber mit Rücksicht auf die besprochenen Versuche scheint er mir doch von großem theoretischen Interesse zu sein. *Gregor* hatte damals die Angabe, daß Leimlösungen aus Knochen oder Gelatine bei gewissen krankhaften Zuständen des Säuglings als Kuhmilchverdünnungen zu verwenden seien, nachzuprüfen versucht. Dabei entstanden bei den Kindern Ernährungsstörungen, die *Gregor* als Leimnährschaden bezeichnete und die sich beim Aussetzen der leimhaltigen Nahrung sofort zurückbildeten. Man wird wohl in der Annahme nicht fehlgehen, daß es sich hier um ein Krankheitsbild handelt, das seine Entstehung der besprochenen biologischen Unterwertigkeit des Leimes verdankt, daß also der Leimnährschaden als eine Insuffizienzkrankheit des Säuglings aufzufassen ist.

Hat dieses Krankheitsbild für uns nur theoretisches Interesse, so werden wir praktisch um so wichtigere Erkrankungen in der dritten Gruppe der Insuffizienzkrankheiten finden, die auf dem *Mangel der Nahrung an denjenigen Stoffen* beruhen, die *Funk* als „Vitamine" bezeichnet hat, während *Abderhalden* und *Schaumann* dafür den Namen „Eutonine" vorschlagen, *Rubner* von „Begleitstoffen", *Aron* von „Extraktstoffen", *Hofmeister* von „akzessorischen Nährstoffen" sprechen. *Hofmeister* können wir bei der weiteren Einteilung dieser Stoffe folgen. Er unterscheidet nach ihrer physiologischen Wirksamkeit drei Stoffe, einmal das „Antineuritin", einen in geringsten Mengen in der Kleie der Getreidearten, aber auch in animalischen Nahrungsmitteln vorkommenden, relativ wärmebeständigen alkaloidartigen Stoff, dem Schutz und Heilwirkung gegen Beriberi und die experimentelle der Beriberierkrankung nahestehende Nervenentzündung der Hühner (Polyneuritis gallinarum s. u.) zukommt, zweitens einen sehr veränderlichen, wärmeunbeständigen Stoff, dessen Anwesenheit den frischen Vegetabilien und der frischen Milch Schutz und Heilwirkung gegen Skorbut verleiht, und drittens einen lipoïdähnlichen, sicher vom Antineuritin verschiedenen, in der Butter und einigen anderen Fetten vorkommenden Stoff, der nach *Stepp* für die Ernährung junger Mäuse und Ratten völlig unentbehrlich ist. Es ist fraglos, daß mit diesen drei Stoffen die Zahl der akzessorischen nicht erschöpft ist. Die Abwesenheit dieser Stoffe in der Nahrung ruft charakteristische Krankheitserscheinungen hervor, die sich auch beim Säugling finden können.

Beriberi ist zwar eine bei uns unbekannte Krankheit; da sie aber beim Säugling in den Gegenden, in denen Beriberi überhaupt vorkommt, beschrieben wird, und da sie bei der Erforschung der Insuffizienzkrankheiten eine große Rolle gespielt hat, so möchte ich hier etwas näher auf sie eingehen.

Beriberi ist eine in Ostasien außergewöhnlich häufige Krankheit, an der seit langer Zeit jährlich viele Tausende von Menschen zugrunde gehen. Klinisch ist sie charakterisiert durch Lähmungen und Schwund der Muskeln, abnorme Empfindun-

gen in Händen und Füßen, Nervenschmerzen und Wasseransammlungen im Unterhautzellgewebe, während in anderen Fällen schwerste Zirkulationsstörungen im Vordergrund stehen. Pathologisch-anatomisch finden sich alle Stadien degenerativer Veränderung an den peripheren Nerven. Über die Ursache der Erkrankung war man sich lange im Unklaren. Weder war es möglich, sie als eine Infektionskrankheit aufzufassen, noch eine sonstige Erklärung zu finden. Nur das eine war schon lange aufgefallen, daß ein bestimmter Zusammenhang mit einseitiger Reisnahrung bestehen mußte, denn überall da, wo Reis die ausschließliche oder vorwiegende Nahrungsquelle der Menschen darstellte, da gab es auch die große Verbreitung der Beriberi. Die Japaner hatten auch schon praktische Konsequenzen aus dieser Beobachtung gezogen und in ihrer Marine, in der es viel Beriberi gab, durch Ersatz der überwiegenden Reisnahrung durch Fleisch, Brot, Obst und Gemüse die Krankheit fast zum Erlöschen gebracht. Aber über den näheren Mechanismus dieses Zusammenhanges zwischen Krankheit und Nahrung gab erst vor 20 Jahren die berühmte Entdeckung *Eijkmanns* Aufschluß, dem es gelang, eine der menschlichen Beriberi verwandte Erkrankung beim Huhn festzustellen, die auf einer Entartung der peripheren Nerven beruhte, in Lähmungen der Beine und Flügel und wassersüchtigen Schwellungen des Unterhautgewebes bestand, und die rasch zum Tode führte. *Eijkmann* nannte die Erkrankung, die er nur ganz zufällig beobachtete, deren nahe Verwandtschaft zur Beriberi er aber mit genialem Blick sofort erkannte, Polyneuritis gallinarum. Bei dem Versuch, die Ursache der Erkrankung festzustellen, zeigte es sich, daß die betreffenden Hühner einige Monate hindurch mit gekochtem polierten Reis, einem Überbleibsel aus der Spitalsküche, gefüttert worden waren. In diese Zeit fielen die Erkrankungen, die sofort aufhörten, als das übliche Hühnerfutter, roher ungeschliffener Reis, gegeben wurde. Das ließ sich dann im Tierversuch beliebig oft wiederholen, und damit war der Beweis geliefert, daß die Krankheit ihre Ursache in der Ernährung mit geschliffenem Reis hatte, dem also die Fruchthülle, die Reiskleie, fehlte. In dieser muß ein lebenswichtiger akzessorischer Nährstoff, den *Funk* später „Vitamin" nannte, enthalten sein.

Die Anwendung dieser Ergebnisse auf die menschliche Beriberierkrankung konnte deren Entstehung erklären. Denn es zeigte sich bei näherer Nachforschung, daß Beriberi in den Gefängnissen Javas nur dort vorkam, wo von den Gefangenen polierter, seiner Fruchthülle beraubter Reis gegessen wurde, während die Krankheit überall da, wo man das volle Korn zur Bereitung der Speisen verwandte, nicht beobachtet wurde. In beweisenden Versuchen konnte dann *Fletcher* in einem großen Krankenhaus zeigen, daß nur bei den Insassen einer Abteilung, auf der er fast ausschließlich geschliffenen Reis als Krankenkost verabreichen ließ, im Laufe eines Jahres zahlreiche Beriberifälle vorkamen, während eine andere Abteilung, bei der zu Vergleichszwecken nur unpolierter Reis verwendet wurde, von der Erkrankung völlig verschont blieb. Damit war also auch für die Beriberierkrankung des Menschen der Beweis erbracht, daß die Reishülle einen lebenswichtigen Stoff enthält, dessen Fehlen in der Nahrung die Erkrankung hervorruft, die wir also als eine Insuffizienzkrankheit aufzufassen haben.

Beim Säugling kommt Beriberi in den Ländern, in denen die Krankheit heimisch ist, auch vor, wenn die Kinder von einer beriberikranken Mutter gestillt werden, während sie bei künstlicher Ernährung dadurch verschont bleiben, daß sie nicht so einseitig mit Reis ernährt werden, wie die Erwachsenen. Was die Krankheitserscheinungen beim Säugling betrifft, so wird berichtet, daß sie in hartnäckigem Erbrechen, Blausucht um Mund und Nase, Atemnot, beschleunigter Herztätigkeit, Stimmlosigkeit, wassersüchtigen Anschwellungen des Gesichts und der Beine und Harnverhaltung bei dauerndem Fehlen von Fiebersteigerungen bestehen. Wechsel der Milch, Reiskleienzusatz oder Reiskleienextrakt bringen die Symptome in wenigen Tagen zum Schwinden. Interessant ist es, daß es vorkommen kann, daß die Mutter sich in einem äußerlich noch nicht erkennbaren Stadium der Krankheit befinden kann, wenn das Kind schon Beriberizeichen aufweist.

Eine ähnliche Empfindlichkeit sehen wir beim Säugling auch gegen das Fehlen des antiskorbutischen Prinzipes in der Nahrung. Das hat uns besonders die Kriegszeit gelehrt, die zur Verwendung mehrmals auf 80 ° erhitzter (pasteurisierter) und sterilisierter Milch zwang und als Folge davon eine früher nicht gekannte Häufung der Barlowschen Krankheit, des kindlichen Skorbuts, brachte.

Diese Erkrankung, die nach dem Engländer *Thomas Barlow* genannt wird, aber schon lange vor diesem im Jahre 1857 von *Möller* beschrieben wurde, ist eine durch Blutungen ausgezeichnete Krankheit des Säuglingsalters und des zweiten Lebensjahres. Wird sie nicht rechtzeitig erkannt, so führt sie zu Blutarmut, Herzschwäche, Kräfteverfall und schweren Blutungen, die den Tod herbeiführen können, während dieser Ausgang durch eine geeignete Behandlung mit Sicherheit vermieden werden kann.

Schon *Barlow* hatte erkannt, daß die Krankheit eng mit dem Skorbut der Erwachsenen verwandt ist, daß sie bei natürlich ernährten Kindern nicht vorkommt, und im Anschluß an langdauernde einseitige Ernährung mit stark konservierten Nahrungsmitteln entsteht. Als solche kommen die fabrikmäßig hergestellten Kindermehle und Milchpräparate in Frage, die zur Haltbarmachung erhitzt und chemischen Einwirkungen ausgesetzt werden. Meist aber entsteht die

Barlowsche Krankheit bei Kindern, die mit lange gekochter Milch ernährt werden. Das zeigte sich sehr schön bei einer kleinen Epidemie von Barlowscher Krankheit, die 1901 in Berlin beobachtet wurde. *Neumann* konnte zeigen, daß in 20 Fällen, die er sah, die Milch aus ein und derselben Molkerei stammte, in der sie vor der Abgabe pasteurisiert worden war; dann war die Milch nochmals eine Viertelstunde lang sterilisiert worden. Ähnlichen Umständen verdanken auch die vielen Fälle von Barlowscher Krankheit ihre Entstehung, die wir in den letzten Jahren in der durch den Krieg hervorgerufenen Milchnot gesehen haben. Die Milch konnte von den ländlichen Molkereien nicht frisch in die Stadt geliefert werden. Um sie vor dem Gerinnen zu bewahren, wurde sie in der Molkerei pasteurisiert, und in Unkenntnis dieser Tatsache sterilisierte man sie in der Stadt dann nochmals. Die Folge war die Häufung der Barlowerkrankungen. Den strikten Beweis für die Richtigkeit der Annahme eines Zusammenhanges zwischen Erkrankung und zu langer Sterilisation der Milch konnte *Neumann* liefern, indem er die Krankheitserscheinungen durch Ernährung mit kurz gekochter oder pasteurisierter Milch, noch schlagender mit ungekochter Milch zum Verschwinden brachte. Daneben erwiesen sich frische Gemüse und Fruchtsäfte, die seit Jahrhunderten als Heilmittel des Skorbuts bekannt sind, auch wirksam gegen die Barlowsche Krankheit, und es ist bemerkenswert, daß während des Krieges kleine Epidemien von Barlowscher Krankheit vorgekommen sind, die auf den Genuß von Dörrgemüse zurückzuführen sind und nach Ersatz des Dörrgemüses durch frisches Gemüse verschwanden, wie dies *Müller* beschrieben hat. Es zeigt sich also auch hier, daß die Krankheit durch längere Entbehrung frischer Nahrungsmittel entsteht und durch Zufuhr von solchen geheilt werden kann. Damit sind alle Theorien, die den Skorbut für eine Infektionskrankheit erklärten, hinfällig. Daß es sich aber nicht um eine Vergiftung durch verdorbene Nahrungsmittel handelt, darüber hat die Lehre von der Insuffizienz der Nahrungsmittel auf dem Wege über das Tierexperiment Aufklärung gebracht. *Holst* machte nämlich bei Fütterungsversuchen, die er im Anschluß an die Eijkmannsche Beriberiforschung anstellte, die überaus wichtige Beobachtung, daß Meerschweinchen bei einer aus Zerealien bestehenden Ernährung innerhalb 30—40 Tagen an einer Krankheit zugrunde gehen, die pathologisch-anatomisch in allen wesentlichen Punkten mit dem menschlichen Skorbut und der Barlowschen Krankheit übereinstimmt. Dabei war es gleichgültig, ob die Kleie mitverfüttert wurde oder nicht. Es ist also nicht etwa Mangel an Antineuritin der Grund der Erkrankung. Damit war der Weg für die weitere Aufklärung der Barlowschen Krankheit gewiesen, da sich die Versuchsbedingungen ja nun beliebig variieren ließen. Es wurde eine große Menge von Nahrungsmitteln gefunden, die imstande waren, den Meerschweinchenskorbut zu verhindern oder zu heilen, so frischer roher Kohl, Löwenzahn, Sauerampfer, während diese Eigenschaft nach dem Trocknen mehr oder weniger verloren ging. In weiteren Versuchen konnte *Fröhlich* zeigen, daß sich bei Meerschweinchen bei einseitiger Fütterung mit erhitzter Milch zwar eine Erkrankung, aber kein typischer Skorbut hervorrufen ließ, selbst wenn die Erhitzung stärker war als in den Fällen von kindlichem Skorbut, die nach Gebrauch von erhitzter Milch aufzutreten pflegen. Dagegen gelingt es, mit roher Milch den bei Meerschweinchen mit Haferfütterung konstant auftretenden Skorbut zu verhindern, während die Milch durch 10 Minuten langes Erhitzen auf 100° diese antiskorbutische Wirkung verliert. Es wird also offenbar während des Kochens ein antiskorbutischer Stoff zerstört. Während jedoch in diesen Versuchen die direkte experimentelle Erzeugung des Skorbuts aus bisher noch nicht bekannten Gründen nicht gelang, konnte dann *Karl Hart* bei wachsenden Affen durch langdauernde Fütterung mit kondensierter Milch eine typische Barlowsche Krankheit erzeugen. Andererseits konnte *Freise* Säuglinge mit Barlowscher Krankheit durch einen das antiskorbutische Prinzip in konzentrierter Form enthaltenden alkoholischen Rübenextrakt heilen. *Freudenberg* hat diese Versuche bestätigt. Damit ist die Kette der Beweise dafür geschlossen, daß es sich bei der Barlowschen Krankheit um eine Insuffizienzkrankheit handelt.

Wenden wir uns nun zur Besprechung der dritten hierher gehörenden lebenswichtigen Substanz, des lipoïdähnlichen Stoffes, der zuerst von *Stepp* in der Butter und in einigen — nicht allen — anderen Fetten gefunden worden ist und der von ihm in Austauschversuchen als verschieden von den anderen akzessorischen Nährstoffen bewiesen worden ist. *Mac Callum* und seine Mitarbeiter konnten zeigen, daß Ratten bei fettfreier Kost nach einiger Zeit eine Augenerkrankung bekommen und zugrunde gehen. Weitere Untersuchungen ergaben, daß dies nicht im Fettmangel an sich bedingt war, sondern in dem Mangel an einem das Fett begleitenden Stoffe, der offenbar mit dem von *Stepp* identisch ist. Als Folgen seines Mangels sind wohl auch die Ergebnisse der Versuche von *Freise, Goldschmidt* und *Frank* aufzufassen, die mit einer aus chemisch reinen, mit Alkohol erschöpften, also von Lipoïden befreiten, auf 140° erhitzten Nahrung bei wachsenden Ratten eine mit eitrigem Zerfall der Hornhaut einhergehende als Keratomalazie zu deutende Augenerkrankung erzeugten, die durch Zusatz geringer Mengen frischer Milch zur Nahrung geheilt und verhütet werden konnte.

Die Keratomalazie ist nun beim Säugling keine ganz seltene Krankheit. Die Bedingungen ihres Zustandekommens sind auf Anregung *Uthoffs* von *Czerny* klinisch studiert worden. Da

die betreffenden Kinder sämtlich schwere Ernährungsstörungen aufwiesen und die wenigen Erfolge, die die Behandlung überhaupt erzielen konnte, einer Regelung der Ernährung zu verdanken waren, so nahmen *Czerny* und *Keller* eine Beziehung zur Ernährung an. *Mori* führt die bei etwas älteren Kindern in Japan beobachtete, dort *Hikan* genannte Keratomalazie auf Fettmangel zurück und heilte sie mit Lebertran. Dasselbe erreichte *Bloch* in Kopenhagen bei einer Anzahl von Keratomalaziefällen, die er auf einer Abteilung seiner Säuglingsstation nach längerer Verabreichung von Margarine und zentrifugierter, also fettfreier Milch bei einer im übrigen reichlich Eiweiß und Kohlehydrat enthaltenden Nahrung beobachtete, während eine andere Abteilung, auf der die Kinder außerdem zufällig geringe Mengen Vollmilch erhalten hatten, verschont geblieben war. Daß es sich bei der Lebertranwirkung nur um einen Erfolg der darin reichlich enthaltenen lipoïdähnlichen akzessorischen Nährstoffe, nicht um Fettwirkung handelt, geht daraus hervor, daß die Nahrung ja von vornherein fettreich war; freilich war das Fett Margarine, von der wir wissen, daß sie frei von akzessorischen Nährstoffen ist. Diese Beobachtungen machen es im Verein mit den erwähnten Tierversuchen äußerst wahrscheinlich, daß die Keratomalazie der Säuglinge eine Insuffizienzkrankheit ist, beruhend auf Mangel an lipoïdähnlichen Stoffen im Sinne von *Stepp*.

Nun ist die Keratomalazie eine häufige Begleiterscheinung des *Mehlnährschadens*, und es entsteht die Frage, ob nicht vielleicht auch diese Erkrankung als Insuffizienzkrankheit aufzufassen ist. Darüber können wir heut nur Vermutungen aussprechen. Es ist ja natürlich sicher, daß der Mehlnährschaden auf einer Unterernährung und einem Mangel an Eiweiß beruht. Daneben kann doch aber auch Abwesenheit akzessorischer Nährstoffe eine Rolle spielen. Das können wir durch Übertragung der durch Tierversuche gewonnenen Erfahrungen auf die Pathologie des Säuglings annehmen. Zudem zeigt ja der Mehlnährschaden Symptome, die, wie die Wassersucht und die Abmagerung, direkt an Beriberi erinnern.

Wir haben so Beziehungen zwischen insuffizienter Nahrung einerseits und einer ganzen Anzahl von chronischen, durch ungeeignete Nahrung hervorgerufenen Ernährungsstörungen andererseits, dem Leimnährschaden, der Barlowschen Krankheit, der Keratomalazie und dem Mehlnährschaden, aufgedeckt. Wie steht es nun mit dem ihnen im Czerny-Kellerschen System der Ernährungsstörungen so nahe verwandten *Milchnährschaden?* Dürfen wir nicht vielleicht, ähnlich wie der Chemiker die Eigenschaften eines Elementes aus dessen Stellung im periodischen System ableiten kann, aus der Stellung des Milchnährschadens im Czerny-Kellerschen System den Schluß ziehen, daß es sich auch da — wenigstens in einem Teil der Fälle — um eine Insuffizienzkrankheit handelt? Denn die Krankheitsentstehung des Milchnährschadens oder, allgemeiner gesagt, der Bilanzstörung *Finkelsteins*, deren beststudiertes Kapitel der Milchnährschaden darstellt, ist nicht für alle Fälle geklärt. Unter Bilanzstörung verstehe ich die Fälle, die bei einer der Menge nach scheinbar durchaus zureichenden Ernährung eine fast wagerechte Gewichtskurve und auch sonstige Zeichen chronischen Nichtgedeihens zeigen — ohne Durchfälle, so daß ich also die chronischen durch abnorme Gärung des Darminhalts entstehenden Erkrankungen ausschließe, die *Finkelstein* fälschlicherweise in die Bilanzstörung einbezieht, worauf *Bessau* und *Bossert* aufmerksam gemacht haben. Der größte Teil dieser Fälle entsteht dadurch, daß die Nahrung in falscher Menge gegeben wird oder die einzelnen Nahrungsstoffe in falschem Verhältnisse zueinander stehen. Es bleibt aber noch eine gar nicht so unbedeutende Zahl von Fällen, bei denen diese Erklärung nicht zutrifft.

Aron hat zuerst die Vermutung ausgesprochen, daß es sich hier um einen Mangel an akzessorischen, dem Antineuritin verwandten Nährstoffen handelt. Dabei ging er von der Tatsache aus, daß die empirisch gefundene günstige Beeinflussung des Milchnährschadens durch Malzextrakt nach unseren heutigen Kenntnissen nicht am Malzzucker hängt, da reine Maltose diese Wirkung nicht hat. Die Wirksamkeit des Malzextraktes muß also auf anderen Bestandteilen beruhen. *Aron* nimmt nun an, daß es sich da um aus der Gerstenkleie stammende, in den Malzextrakt übergehende akzessorische Nährstoffe handelt. Diese Annahme muß natürlich bewiesen werden. Das ist zunächst in Tierversuchen geschehen. Wachsende Ratten, die mit einem Nährstoffgemisch aus Kasein, Butter, Weizenstärke und Salzen gefüttert wurden, zeigten Gewichtsstillstand und körperliche Symptome, wie Mattigkeit, Freßunlust, Magerkeit, struppige Haut. In dem Augenblick, wo geringe Mengen eines kalorisch nicht in Betracht kommenden, durch Autolyse gewonnenen Kleieextraktes zugegeben wurden, änderte sich der Zustand der Tiere. Die Gewichtskurve stieg steil an und die körperlichen Insuffizienzerscheinungen verschwanden. Dasselbe ließ sich mit einem möglichst von Kohlehydraten befreiten Malzextrakt und schließlich mit einem hochwertigen Mohrrübenextrakt erreichen. Ähnliche Versuche sind inzwischen von *Langstein* und *Edelstein* und von *Heim* mitgeteilt worden. *Heim* experimentierte mit Meerschweinchen, die er durch reine Milchnahrung schädigte, aber dann durch einen alkoholischen Extrakt aus keimender Gerste am Leben erhalten konnte. Es gelingt also im Tierexperiment ein Krankheitsbild, das der Bilanzstörung des Säuglings bis zu einem gewissen Grade entspricht, durch akzessorische Nährstoffe zur Heilung zu bringen, wodurch diese Erkrankung als Insuffizienzkrankheit gekennzeichnet wird.

Auf diesen Tierversuchen bauen sich nun klinische Untersuchungen auf, die *Aron* mit mir gemeinsam im Breslauer städtischen Säuglingsheim gemacht hat. Wir gaben in geeigneten Fällen von Bilanzstörung des Säuglings akzessorische Nährstoffe in Gestalt von Mohrrübenextrakt in kalorisch nicht in Betracht kommenden Mengen der im übrigen unveränderten Grundnahrung zu. Diese war in den einzelnen Fällen ganz verschieden, z. B. Milchwassermischung, Zwiemilchnahrung mit Buttermilch, Buttermehlnahrung nach *Czerny-Kleinschmidt*. Natürlich wurde streng darauf geachtet, daß die Menge der Nahrung genügend groß war, die namentlich bei der Buttermehlnahrung sehr hohe Werte erreichte in Berücksichtigung der von *Stolte* mitgeteilten Stoffwechselversuche, aus denen hervorgeht, daß ein nicht geringer Teil des Butterfettes unverdaut ausgeschieden wird. Zur größeren Sicherheit haben wir dann noch vor Zugabe des Extraktstoffes die Nahrungsmenge gesteigert. Blieb dabei die Zunahme aus, so wurde der Extrakt zur Nahrung zugesetzt. In den bisher über längere Zeit beobachteten 15 Fällen haben wir mehr oder weniger ausgesprochen, aber stets deutlich eine entscheidende Einwirkung auf die Gewichtszunahme und den Stoffansatz gesehen. Mit der meßbaren Vermehrung des Körpergewichts Hand in Hand gehend, besserte sich auch die Farbe und das Aussehen der meist elenden Kinder sichtlich. Wir haben daraus den Schluß gezogen, daß wirklich die akzessorischen Nährstoffe vorher in der Nahrung in ungenügender Menge enthalten waren, daß also diese Fälle von Bilanzstörung tatsächlich Insuffizienzkrankheiten des Säuglings darstellen.

Zum Schluß bliebe noch die Frage zu erörtern, wie wir uns die Wirkung der akzessorischen Stoffe zu denken haben. Wahrscheinlich wird es nicht möglich sein, eine für alle diese Stoffe einheitliche Erklärung zu finden. Wenigstens hat sich die Theorie *Röhmanns*, der sie alle als Eiweißbausteine aufgefaßt haben will, die unterwertige Eiweißkörper zu vollwertigen ergänzen, nicht halten können, da sie sich auf Versuche stützt, die sich als nicht einwandfrei erwiesen haben. Es gibt vielmehr zwei Möglichkeiten der Erklärung. Entweder die akzessorischen Nährstoffe wirken als Gegengifte gegen ein mit der Nahrung dem Körper zugeführtes Gift oder eine durch die Kost veranlaßte chronische Vergiftung. Diese Entgiftungstheorie würde speziell für den Milchnährschaden in bestem Einklang mit den Theorien *Bessaus* stehen, der diese Ernährungsstörung als die Folge einer Vergiftung mit im Darm entstehenden Fäulnisprodukten ansieht und sich die Heilung auf der Beseitigung der Darmfäulnis beruhend denkt. Bei der dazu nötigen Umstimmung der Darmflora nach der Seite der Gärungserreger hin würde man dann den akzessorischen Nährstoffen eine Rolle zuzuschreiben haben. Die zweite Erklärungsmöglichkeit ist die, daß die Extraktstoffe anregend auf die Tätigkeit der Verdauungsdrüsen und die Organe des inneren Stoffwechsels wirken, worauf pharmakologische Untersuchungen von *Uhlmann* hindeuten.

Es ist zu erwarten, daß noch weitere Erkrankungen des Säuglingsalters sich als Insuffizienzkrankheiten entpuppen werden. Solche vermutet *Czerny* z. B. in der abnormen Knochenbrüchigkeit (Osteopsathyrosis) und der auf falscher Ernährung beruhenden Blutarmut (alimentären Anämie). Hier werden weitere Forschungen Aufklärung zu bringen haben.

Die organische Elementarsynthese in der Technik.

Von Erich Baum, Solln b. München.

(Schluß.)

Die Bedeutung des Acetaldehyds liegt in seiner Verwendbarkeit für weitere Synthesen; die Oxydation zu Essigsäure und die Reduktion zu Äthylalkohol sind die wichtigsten dieser Umwandlungen.

In seiner grundlegenden Untersuchung über den Acetaldehyd hat *Liebig* festgestellt[1]), daß Aldehyd in mit Luft gefüllten Gefäßen aufbewahrt, Sauerstoffgas absorbiert und sich nach und nach in die stärkste *Essigsäure* verwandelt; ganz besonders schnell geschieht dies unter der Einwirkung von Platinschwarz. Nach Angaben der Chemischen Fabrik Griesheim und des Dipl.-Ing. *N. Grünstein* geht die Oxydation von Acetaldehyd zu Essigsäure durch Sauerstoff oder Luft unter gewöhnlichen Umständen so langsam vor sich, daß sie nicht zur technischen Darstellung benutzt werden kann. Sie fanden[2]), daß diese Oxydation schnell und bequem durchführbar ist, wenn man vom Anfang an den Aldehyd in Eisessig löst; man arbeitet bei 70—100 °; bei Verwendung geeigneter Katalysatoren (Vanadinpentoxyd, Uranoxyd, geglühtes Eisenoxyduloxyd) erfolgt die Reaktion schon bei 30—80 °. Das Consortium für elektrochemische Industrie bewirkte zunächst die Oxydation auf elektrolytischem Wege; die Erfinderin arbeitet ohne Diaphragma und mit Konzentrationen von über 2 % Acetaldehyd; als Elektrolyt dient eine 5prozentige Schwefelsäure. Merkwürdigerweise tritt dabei keine Reduktion zu Alkohol ein. Stromausbeute bis 85 %. Durch Abdestillieren nach Abstumpfen der Schwefelsäure wird eine 70prozentige Essigsäure erhalten[3]). Gegenüber der Oxydation des Aldehyds durch molekularen Sauerstoff stellt sich aber die elektrolytische Oxydation (es wird zudem eine erheblich verdünntere Essigsäure auf umständlicherem Wege erhalten) zu teuer. Die gleiche

[1]) Annalen der Pharmacie 1835, 13, 14.
[2]) D.R.P. 261 589.
[3]) D.R.P. 274 032.

Erfinderin bewirkte weiter die Oxydation des Aldehyds durch Sauerstoff bereits bei niederer Temperatur durch Zusatz von Manganverbindungen — besonders Permanganat — als Katalysatoren[1]). Die Wirkung der Manganverbindungen ist von der der vorher bekannten Katalysatoren charakteristisch verschieden. Bei der Einwirkung von Sauerstoff auf Acetaldehyd — zumal bei tiefer Temperatur — entsteht nämlich, wie das Consortium weiter fand, nach der Gleichung:

$$CH_3CHO + O_2 = CH_3CO_3H$$

zunächst 1 Mol. *Acetpersäure*[2]), ein äußerst kräftiges Oxydationsmittel, das sich nach der Gleichung:

$$CH_3CHO + CH_3CO_3H = 2\,CH_3COOH$$

mit 1 Mol. Acetaldehyd zu 2 Mol. Essigsäure umsetzt[3]). Die zweite Reaktion verläuft besonders bei höherer Temperatur und geht, falls sich größere Mengen Persäure gebildet haben, so stürmisch vor sich, daß Explosionen schwer zu vermeiden sind. Im Gegensatz zu den bis dahin bekannten Katalysatoren beschleunigten Manganverbindungen nicht nur die Sauerstoffaufnahme durch den Aldehyd, also die Persäurebildung, sondern auch die weitere glatte Umsetzung der Persäure zu Essigsäure, so daß bei dieser Arbeitsweise kaum Spuren Persäure nachweisbar sind. Die Persäurebildung — auch nach Angaben anderer Erfinder die Klippe der Aldehydoxydation — wird so vermieden. Die Farbwerke vorm. Meister Lucius & Brüning bewirkten die Oxydation in Gegenwart von Sauerstoffüberträgern und unter Druck. Die gleichzeitige Anwendung eines Katalysators, wie Ceroxyd, Kupferacetat, Manganacetat und eines Drucks von 3 Atm. bewirken eine ca. 5- bis 7mal raschere Oxydation als die Anwendung eines dieser Faktoren allein[4]). *J. Behrens* fand, daß die Oxydation durch Gegenwart geringer Wassermengen beschleunigt wird[5]). Die Badische Anilin- und Sodafabrik oxydierte bei gleichzeitiger Gegenwart von Eisenverbindungen und organischer Salze von Alkalien oder Erdalkalien (auch Magnesium und Aluminiumsalze[6]). Die Kombination dieser Zusätze soll die Anhäufung von Persäuren verhindern. Nach einem Zusatzpatent scheint der wirksame Faktor die Gegenwart der organischen Salze zu sein[7]), da auch Katalysatoren, die nicht wie Eisensalze die Zersetzung der Persäure beschleunigen, in Kombination mit organischen Salzen die gleiche Wirkung haben. Die Comp. des Produits de Chimiques d'Alais et de la Camargue verwendete einen komplizierten, kolonnenartigen Apparat, in dem nach Einwirkung des Sauerstoffs das Reaktionsgemisch zur Zerstörung der Persäure kontinuierlich auf 100° erwärmt wird[1]). *Dreyfus* bewirkte die Oxydation durch Überleiten der Aldehyddämpfe mit Sauerstoff oder Luft bei höherer Temperatur über Katalysatoren, wie Platinasbest[2]), Kupferoxyd, Chromoxyd usw.[3]). Schwierig wird es dabei sein, eine Verbrennung erheblicher Aldehydmengen und eventuell sogar Explosionen zu vermeiden.

Auch die Darstellung der Essigsäure aus Acetylen in einem Arbeitsgange ist patentiert worden. Um eine direkte Oxydation des Acetylens handelt es sich dabei allerdings nicht, sondern nur um die unmittelbare Weiteroxydation von zunächst gebildetem Aldehyd. Die Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co. behandelten Acetylen in Gegenwart von Quecksilber oder Quecksilberverbindungen mit Lösungen von Wasserstoffsuperoxyd, Überschwefelsäure usw.[4]). Sie kombinieren also die bereits bekannte Aldehyddarstellung mit Hilfe schwefelsaurer Quecksilberverbindungen (aus Quecksilber entstehen solche durch Oxydation) mit der Weiteroxydation zu Essigsäure durch Oxydationsmittel. Gegenüber elementarem Sauerstoff sind natürlich diese Substanzen viel zu kostspielig. Die gleiche Firma unterwarf Acetylen unter Verwendung eines sauren quecksilberhaltigen Elektrolyten mit oder ohne Diaphragma der anodischen Oxydation[5]). Wie bei dem vorigen Patent entsteht zunächst Acetaldehyd, der anodisch zu Essigsäure oxydiert wird. Die apparativen Schwierigkeiten sind wie bei den früher erwähnten elektrolytischen Verfahren der Aldehyddarstellung der Gesellschaft für Chemische Industrie in Basel sicher — auch ohne Anwendung eines Diaphragmas — sehr groß, die Stromkosten anodischer Oxydation in jedem Falle viel größer als die Kosten der Erzeugung der entsprechenden Menge elementaren Sauerstoffs. Die Chemische Fabrik Griesheim-Elektron und Dipl.-Ing. *N. Grünstein* leiteten Acetylen in Essigsäure in Gegenwart von Quecksilberverbindungen unter Zugabe der für die Aldehydbildung theoretisch benötigten Wassermenge mit oder ohne Zusatz von Phosphorsäure, Schwefelsäure usw. ein und oxydierten nach Bildung einer gewissen, zweckmäßig geringen, Menge Acetaldehyd diesen sofort durch Einleiten von Sauerstoff zu Essigsäure[6]): eventuell werden noch die Oxydation beschleunigende Katalysatoren, wie Eisenoxyd, Vanadinoxyd, zugefügt. Man arbeitet vorteilhaft in konzentrierter Essigsäure, weil dann die Acetylenaufnahme rascher verläuft, doch gelingt die Oxydation auch noch in sehr verdünnter Essigsäure.

[1]) D.R.P. 305 550.
[2]) D.R.P. 269 937.
[3]) Die Reaktion ist ein besonders schönes Beispiel zur Englerschen Theorie der Autoxydation. Das bei andern ähnlichen Reaktionen nicht greifbare Zwischenprodukt, das „Superoxyd", ist in diesem Falle in Form der Acetpersäure isolierbar. „Acceptor" ist der Acetaldehyd.
[4]) D.R.P. 286 400.
[5]) D.R.P. 287 360.
[6]) D.R.P. 294 724.
[7]) D.R.P. 296 282.

[1]) Fr. P. 493 341.
[2]) Fr. P. 487 412.
[3]) Fr. P. 489 688.
[4]) D.R.P. 297 442.
[5]) D.R.P. 293 011.
[6]) D.R.P. 305 997.

Falls man von Eisessig ausgeht, und erst nach der Acetyleneinleitung die entsprechende Wassermenge zusetzt, entsteht als Zwischenprodukt Äthylidendiacetat. Als besonderer Vorzug des Verfahrens wird angegeben, daß der Quecksilberkatalysator seine Wirksamkeit auch bei wochenlangem ununterbrochenen Betrieb behält (wohl weil das reduzierte Quecksilber immer wieder bei der Sauerstoffeinleitung — vielleicht unter Zwischenbildung von Acetpersäure — oxydiert wird). Unter den zur direkten Darstellung von Essigsäure aus Acetylen vorgeschlagenen Verfahren ist es das einzige, das vielleicht technisch ausführbar erscheint. Freilich muß es schwierig sein, die technische Einrichtung so betriebssicher — „foolproof", nach dem treffenden englischen Ausdruck — zu gestalten, daß beim Arbeiten mit Acetylen und Sauerstoff in *einer* Apparatur nicht durch Bedienungsfehler die Bildung höchst explosionsgefährlicher Acetylen-Sauerstoff-Gemische eintritt.

Wie wir sahen, handelt es sich bei den zuletzt besprochenen Verfahren nicht im eigentlichen Sinne um eine direkte Darstellung von Essigsäure aus Acetylen, es wurde nur der auf irgendeine Weise gebildete Acetaldehyd, ohne ihn erst zu isolieren, im gleichen Arbeitsgange zu Essigsäure weiter oxydiert. Es sind aber auch einige Reaktionen bekannt, freilich bisher alle ohne technische Bedeutung, bei denen tatsächlich Essigsäure unmittelbar aus Acetylen zu entstehen scheint. Nach *Berthelot*[1]) wird beim Einleiten von Luft in eine alkalische wässerige Lösung von Acetylen Essigsäure in geringen Mengen gebildet. Nach *Coehn*[2]) entsteht bei elektrolytischer Oxydation von Acetylen mit quantitativen Stromausbeuten in alkalischer Lösung Ameisensäure, in schwefelsaurer Lösung Essigsäure. Bei dieser Bildung der Essigsäure entsteht übrigens mit Wahrscheinlichkeit ebenfalls Acetaldehyd als Zwischenprodukt[3]). Die bezüglich der Ausbeute so günstigen Resultate sind mit ganz schwachen Strömen erhalten worden; eine Übertragung der Versuche in den technischen Maßstab ist nicht gelungen. Nach *Feuchter*[4]) entsteht beim Einleiten von Acetylen in ein geschmolzenes Gemisch von Ätzkali und Ätznatron bei 220° essigsaures Natron in einer Ausbeute von etwa 60 % der Theorie; auch über eine technische Verwertung dieser Reaktion ist nichts bekannt geworden.

Die durch Elementarsynthese gewonnene Essigsäure steht in erfolgreichem Wettbewerb mit der bisher in der Holzverkohlungsindustrie auf dem Wege über „Graukalk" (essigsauren Kalk) gewonnenen Essigsäure und dem Gärungsessig. Essigsäure der zuerst genannten Herkunft fand schon bisher als Essigessenz ausgedehnte Verwendung zur *Herstellung von Genußessig*. Der zur Herstellung dieser Essigsäure benötigte Graukalk wurde vor dem Kriege zu etwa 40 %, besonders aus Amerika, importiert. Heute wird dagegen ein großer Teil auch des Genußessigs als ausschließliches Inlandsprodukt auf dem Wege der Elementarsynthese erzeugt.

Essigsäure geht nach *Senderens*[1]) beim Überleiten über Metalloxyde, (Tonerde, Thoroxyd, Uranoxyd) unter Abspaltung von Wasser und Kohlensäure in *Aceton* über:

$$2\ CH_3COOH = CH_3COCH_3 + CO_2 + H_2O.$$

Nach ähnlichen — nicht veröffentlichten — Verfahren haben während des Krieges das Consortium für elektrochemische Industrie bzw. dessen Lizenznehmerin, die Dr. Alexander Wacker Gesellschaft in Burghausen und die Farbwerke vorm. Meister Lucius & Brüning zum ersten Mal Aceton aus Essigsäure — mittelbar aus Acetylen — im Großbetrieb dargestellt[2]).

Aceton ist das Ausgangsmaterial zahlreicher weiterer Synthesen. Besondere Bedeutung hat in Deutschland während des Krieges *die Herstellung von Methylkautschuk* — eines Homologen des Naturkautschuks — aus synthetischem Aceton, das von den oben genannten Firmen stammte, als Ersatz für den mangelnden natürlichen Kautschuk durch die Farbenfabriken vorm. Friedrich Bayer & Co. gewonnen. Aceton wird mit Aluminium zu Pinakon reduziert, dieses in Dimethylbutadien überführt, das dann zu Methylkautschuk kondensiert wird. Die genannte Firma war imstande, 1918 monatlich 150 Tonnen dieses Produktes darzustellen[3]). Nach einem anderen Patent der gleichen Firma entsteht 3-Methylbutinol bei der Einwirkung von Acetylen auf Aceton in Gegenwart von Alkalialkoholaten[4]). Acetylen, der Ausgangsstoff dieser Elementarsynthesen, tritt also beim weiteren synthetischen Ausbau neuerdings als Baustein in das Molekül ein. Der so entstandene Körper dient nach *Merling*, von dem die Methode zur Herstellung des 3-Methylbutinols stammt, zur Darstellung des *Isoprens*, der Stammsubstanz des *Naturkautschuks*[5]).

Der *Äthylalkohol* ist aus Acetaldehyd zuerst von *Wurtz*[6]) durch Reduktion mittels Natriumamalgam in wässeriger Lösung dargestellt worden. Den Weg zur technischen Darstellung des „Mineralspiritus" haben dann *Sabatier* und *Senderens* durch ihre so vielfach verwendbare katalytische Methode der Hydrierung mit Wasserstoff und Nickel als Katalysator gewiesen[7]). Sie zeigten,

[1]) Bull. de la Soc. Chim. *14*, 113.
[2]) Ztschrft. f. Elektrochemie 7, 681.
[3]) l. c.
[4]) Chemiker-Zeitg. 1914, 273.

[1]) Comptes rend. *149*, 213.
[2]) Ztschrft. f. Elektrochem. 1918, 372. Außer diesen Firmen und dem unten genannten Elektrizitätswerk Lonza (Schweiz) hat die Shawiniger Light and Power Co. in Montreal (Canada) auf der Grundlage deutscher Literaturangaben die Darstellung des Acetaldehyds und seiner Derivate im Großbetrieb durchgeführt (Chem. and Metall. Eng. Sept. 1918).
[3]) Ztschrft. f. angewandte Chem. 1918, III, 243.
[4]) D.R.P. 291 185.
[5]) Ztschrft. f. Elektrochem. l. c.
[6]) Liebigs Ann. *123*, 140.
[7]) Ann. de Chim. et Phys. (8) *4* (1905), 394.

daß Äthylalkohol beim Überleiten von Acetaldehyddämpfen und Wasserstoff über reduziertes Nickel bei 140° darstellbar ist. *Das Elektrizitätswerk Lonza* (Schweiz) fand dann, daß bei dieser Methode ein mehr oder minder durch Aldehyd verunreinigter Alkohol erhalten wird. Die Firma konnte diese Verunreinigung auf einen kleinen Bruchteil herabdrücken, indem sie Wasserstoff in großem stöchiometrischen Überschuß (4—6 Mole auf 1 Mol Aldehyd) anwandte[1]). Zur Vermeidung von Verlusten wird der Alkohol aus den über den Katalysator geleiteten Dämpfen durch Ausfrieren entfernt und der überschüssige Wasserstoff mittels einer Zirkulationsvorrichtung wieder in den Apparat zurückgeführt. Nach einem Zusatzpatent wendet die Firma den Wasserstoff in so großem — etwa 30-fachem — Überschuß an, daß dadurch die Reaktionswärme der stark exothermen Reaktion (ca. 300 Kalorien für 1 kg Alkohol) abgeführt wird[2]). Weiter fand die Firma, daß ein Gehalt des Aldehyds an Essigsäure oder Substanzen, die wie Sauerstoff (auch Kohlensäure) mit Aldehyd Essigsäure bilden können, die Wirkung des Nickelkatalysators stark verringert. Durch Arbeiten mit völlig reinen Substanzen wird der störende Einfluß beseitigt[3]). Nach einem späteren Patent der gleichen Firma ist dagegen die Gegenwart von Spuren Sauerstoff für die Darstellung von reinem Alkohol notwendig. Bei völliger Abwesenheit von Sauerstoff entsteht nämlich (bei einer Reaktionstemperatur zwischen 90 und 170°) Äthyläther, von dem der so erzeugte Alkohol bis 15 % enthält[4]). Die Compagnie des produits Chimiques d'Alais et de la Camargue nahm die Reduktion zur Erzielung größerer Reaktionsgeschwindigkeiten unter Druck vor[5]). Verschiedene andere französische Patente[6]) enthalten nichts Erwähnenswertes. Soweit bekannt, ist die Anlage des Elektrizitätswerkes Lonza in Visp in der Schweiz bisher *die einzige Fabrik zur Gewinnung von Alkohol aus Carbid im Großbetrieb*[7]).

Nach der Oxydation und Reduktion des Acetaldehyds ist noch eine theoretisch interessante und technisch wichtige Reaktion zu besprechen, bei der beide Prozesse gewissermaßen gleichzeitig verlaufen, also 1 Mol Acetaldehyd ein zweites zu Essigsäure oxydiert und selbst zu Alkohol reduziert wird. Ein solcher Vorgang, den man nach seinem Entdecker als Cannizzarosche Reaktion bezeichnet, war für aromatische Aldehyde seit langem bekannt. Z. B. verwandelt sich Benzaldehyd unter der Einwirkung von Alkali in Benzylalkohol und das entsprechende Alkalisalz der Benzoesäure:

$$2\,C_6H_5COH + KOH = C_6H_5CH_2OH + C_6H_5COOK$$

Benzaldehyd — Benzylalkohol — Benzoesaures Kali

Tischtschenko[1]) hatte dann gezeigt, daß auch aliphatische Aldehyde unter dem Einfluß von Aluminiumalkoholaten entsprechend reagieren können; dabei vereinigen sich Alkohol und Säure sofort unter Bildung des entsprechenden Esters:

$$2\,CH_3 . COH = CH_3 \cdot COO \cdot CH_2 \cdot CH_3$$

oder $$2\,C_2H_4O = C_4H_8O_2;$$

es tritt eine Verdoppelung des Moleküls ein. *Tischtschenko* verwandte bei seinen Versuchen ein Aluminiumalkoholat, das er aus absolutem Alkohol und durch schwache Amalgamierung aktiv gemachtem Aluminium herstellte. Das rohe Alkoholat reinigte er durch Destillation im Vacuum und setzte dieses destillierte — sehr reine — Produkt in Stücken dem auf — 20° abgekühlten Acetaldehyd zu; der Ablauf der Reaktion beanspruchte sehr lange Zeit, mehrere Tage, selbst Wochen und Monate. Die Ausbeute an *Essigester* war von der Menge des Aluminiumäthylats abhängig; das Maximum von etwa 70 % wurde bei Anwendung von 15 % Äthylat erreicht. Eine Verminderung des Äthylats bewirkte eine entsprechende Steigerung der Bildung von Nebenprodukten. Das Consortium für elektrochemische Industrie fand demgegenüber, daß man mit geringen Alkoholatmengen — ca. 4 % — in kurzer Zeit fast quantitative Ausbeuten an Essigester dadurch erzielen kann, daß man das Alkoholat zuvor durch Zusatz gewisser Stoffe, die an und für sich keine Esterbildung bewirken, in eine aktivere Form überführt[2]). Solche „Zusatzkatalysatoren" sind Halogenide und halogenhaltige Metallverbindungen. Ferner wird das Alkoholat fein gepulvert unter starkem Rühren angewandt. Ein Zusatzpatent schützt den Zusatz von halogenhaltigen Stoffen zum Gemisch von Aluminium und Alkohol, also bei der Darstellung des Alkoholats anstatt zum fertigen Aluminiumalkoholat[3]). Nach dem Abdestillieren des Alkoholüberschusses wird das in Essigester lösliche Reaktionsprodukt in diesem Lösungsmittel aufgenommen und als Katalysator verwendet. Nach einem weiteren Patent[4]) erreicht man ähnlich günstige Ergebnisse, wenn man an Stelle des gewöhnlichen Äthylats dessen Reaktionsprodukte mit wasser- oder kristallwasserhaltigen Salzen anwendet. Nach Zusatzpatenten[5]) scheint die günstige Wirkung der genannten Verfahren darauf zu beruhen, daß durch die Vorbehandlung das Aluminiumäthylat in eine Form überführt wird, die in organischen Lösungsmitteln — auch Essigester — löslich ist. Zwei Patente der Farbwerke vorm. Meister Lu-

[1]) Schweiz. Pat. 74 129.
[2]) Schweiz. Pat. 77 471.
[3]) Schweiz. Pat. 78 109.
[4]) Schweiz. Pat. 81 777.
[5]) Franz. Pat. 495 546.
[6]) Z. B. *Dreyfus*, Franz. Pat. 492 153.
[7]) Elektrochem. Zeitschrift 1918, Heft 2/3.

[1]) Journ. russ. phys. chem. Ges. *38*, 398—418.
[2]) D.R.P. 277 111.
[3]) D.R.P. 286 812.
[4]) D.R.P. 277 187.
[5]) D.R.P. 277 188, 285 999.

cius & Brüning betreffen die Darstellung von Aluminiumäthylat, das eine[1]) die Herstellung aus Aluminium und wasserfreiem Alkohol in Gegenwart von Quecksilberchlorid (wie nach der Vorschrift von *Tischtschenko*), aber bei Gegenwart oder Abwesenheit von Jod oder Halogenalkylen, wobei das Quecksilberchlorid in sehr geringen, nur katalytisch wirksamen Mengen angewandt wird, das andere die Reindarstellung des nach früheren Angaben nur im Vacuum destillierbaren Alkoholats durch Destillation unter Atmosphärendruck[2]); unter Anwendung eines niedrigen Destillationsgefäßes werden die gebildeten Dämpfe schnell abgeführt und die Kondensation im oberen Teil des Destillationsgefäßes vermieden. Nach einem dritten Patent stellt die gleiche Firma Essigester mittels normalen, schwer löslichen Aluminiumäthylats dar, das man in hochsiedenden organischen Lösungsmitteln löst[3]). Das Consortium für elektrochemische Industrie wendete dann zur Erhöhung der Wirkung des Katalysators diesen in unterkühltem Zustand an[4]), was durch rasche Abkühlung des geschmolzenen Produktes erreicht wird oder dadurch, daß man andere im übrigen indifferente Stoffe, wie Kalialaun oder Kampfer, im Alkoholat auflöst. Die Zusätze scheinen die Umwandlung des Katalysators in die schwer lösliche Form zu verhindern. Die Firma fand endlich noch die ganze Gruppe von Katalysatoren, die Paraldehyd- oder Aldolbildung bewirken, als Zusätze zum Alkoholat geeignet[5]). Alle Verfahren haben das gemeinsame Ziel, das Aluminiumalkoholat in eine besonders aktive — lösliche — Form zu überführen, Eigenschaften, die das sehr reine Alkoholat, mit dem *Tischtschenko* arbeitete, offenbar nicht besaß. Im Gegensatz zu anderen katalytischen Reaktionen erweist sich hier ein unreiner Katalysator weit wirksamer als das reine Produkt.

Die Bedeutung des Essigesters liegt — abgesehen von der Verseifbarkeit zu Alkohol und Essigsäure, die somit auch auf diesem Umwege aus Acetaldehyd darstellbar sind — in der Verwendung als Lösungsmittel und zu weiteren Synthesen, besonders der des Acetessigesters, des Zwischenproduktes für Farbstoffe und pharmazeutische Erzeugnisse (Antipyrin, Pyramidon).

Das Consortium für elektrochemische Industrie fand, daß aus Acetaldehyd durch Einwirkung der Lösungen unterchlorigsaurer Salze *Chloroform* von vorzüglicher Reinheit in glatter Reaktion gebildet wird[6]).

Auf die Umwandlung des Acetaldehyds in Paraldehyd[7]) und dessen Verwendung als Brennstoff[1]) und in Aldol[2]), der zu Butylenglykol reduzierbar ist[3]), sei nur hingewiesen.

Bekanntlich hat *Buchner* während des Krieges eine Art *biochemischer Eiweißsynthese* technisch durchzuführen versucht. Er züchtete Hefen, die als Nährstoffe neben Zucker synthetisches Ammonsalz (aus Luftstickstoff gewonnen) erhielten. Dabei kann der — sonst der menschlichen Ernährung entzogene — Zucker nach einem Patente von *F. Ehrlich* und dem Consortium für elektrochemische Industrie durch synthetischen Acetaldehyd ersetzt werden[4]). Es liegt somit eine Art *Elementarsynthese des Eiweißes*, allerdings auf biochemischem Wege, vor.

Tollens hat gefunden[5]), daß Acetaldehyd und Formaldehyd durch Kalkwasser in 1—2 Monaten zu Pentaerythrit kondensiert werden.

$$C_2H_4O + 4\,CH_2O + H_2O =$$
$$CH_2OH{-}CHOH{-}CHOH{-}CHOHCH_3 + HCO_2H$$

Gleichzeitig entsteht Ameisensäure. Man erhält synthetisch einen Körper, der als mehrwertiger Alkohol bereits der Zuckergruppe nahe verwandt ist.

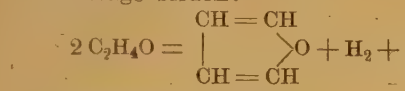
Damit ist die große Gruppe derjenigen Synthesen gekennzeichnet, die ihren Weg vom Acetylen aus über den Acetaldehyd nehmen.

Wie der ungesättigte Charakter des Acetylens dessen Vereinigung mit Wasser zu Acetaldehyd begünstigt, so neigt Acetylen überhaupt zu Additionsreaktionen; z. B. hatten wir die Anlagerung von Chlor bereits bei der Gruppe des Acetylentetrachlorids kennen gelernt. Mit Schwefel vereinigt sich Acetylen zu *Thiophen*; diese Darstellung ist Gegenstand von Patenten geworden, obgleich eine technische Verwendung für Thiophen bisher nicht bekannt ist. *R. Steinkopf* erhielt dieses Produkt beim Überleiten von Acetylen, auch im Gemisch mit Wasserstoff, Schwefelwasserstoff und anderen „den Reaktionsverlauf nicht beeinflussenden" Gasen bei 300 ° über Pyrit in einer Ausbeute von 40 %[6]). *Tschitschibabin*[7]) fand, daß die Reaktion besser als mit dem Schwefel (der im Pyrit enthalten ist) mit Schwefelwasserstoff beim Überleiten des Gasgemisches über erhitztes Aluminiumoxyd vor sich geht; ein Gemisch von Schwefelwasserstoff und Acetylen verwendet auch die Rhenania[8]) zur Thiophendarstellung. Ähnlich wie Acetylen sich mit Wasser zu Acetaldehyd vereinigt, dürfte es auch mit Schwefelwasserstoff zunächst unter Bildung von Thioacetaldehyd reagieren:

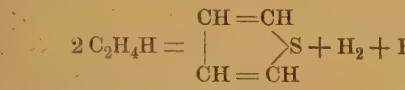
$$C_2H_2 + H_2O = C_2H_4O$$
$$C_2H_2 + H_2S = C_2H_4S$$

[1]) D.R.P. 286 596.
[2]) D.R.P. 289 157.
[3]) D.R.P. 308 043.
[4]) D.R.P. 318 898.
[5]) D.R.P. 314 210.
[6]) Schweizer Pat. 69 481.
[7]) Cons. f. elektrochem. Ind. D.R.P. 319 368.
[1]) Cons. f. elektrochem. Ind. D.R.P. 315 290.
[2]) Z. B. D.R.P. 269 996.
[3]) Farbenfabriken vormals Friedrich Bayer & Co. D.R.P. 274 201.
[4]) D.R.P. 313 167.
[5]) Liebigs Annalen *265*, 319.
[6]) D.R.P. 252 375.
[7]) Journ. d. Russ. Physikal. Chem. Ges. l. c.
[8]) L. c. Brit. Pat. 109 983.

Thiophen würde sich dann aus Thioacetaldehyd in gleicher Weise wie — nach *Tschitschibabin* — Furan aus Acetaldehyd unter Schließung eines Fünfrings bilden:



Acetaldehyd Furan



Thioacetaldehyd Thiophen

Die Chemische Fabrik Griesheim-Elektron fand, daß sich Acetylen mit Chlorwasserstoff quantitativ zu *Vinylchlorid* vereinigt (Vinylalkohol, $CH_2 = CHOH$ ist die tautomere Form des Acetaldehyds); die Reaktion erfolgt, wenn man die Gase bei höherer Temperatur über poröses mit Quecksilberchlorid imprägniertes Material leitet[1]). Durch Polymerisation unter dem Einfluß des Sonnenlichtes geht Vinylchlorid in einen kautschukartigen Stoff über[2]); ähnlich kondensieren sich nach Griesheim organische Vinylester[3]) zu plastischen, dem Zelluloid ähnlichen Massen.

Durch Anlagerung von Wasserstoff mittels Katalysatoren (Nickel) geht Acetylen in *Äthylen* über[4]). Die Reduktion führt indessen leicht weiter bis zu dem technisch wertloseren Äthan, das zum mindesten als Nebenprodukt entsteht. *W. Caro* wendete als Katalysator ein Gemisch von Edel- und Unedelmetallen, z. B. Nickel und Palladium[5]), an, wobei das Unedelmetall in großem Überschuß vorhanden ist. Ein über einen derartigen Katalysator geleitetes Gemisch gleicher Raumteile Acetylen und Wasserstoff vereinigt sich bei 90—100 ° so weit, daß das austretende Gas etwa 90 % Äthylen enthält. *W. Traube* bewirkte auf Grund einer Angabe *Berthelots*[6]), daß (ammoniakalische) Chromoxydulsalzlösungen Acetylen unter Bildung einer unbeständigen Verbindung absorbieren, die in Äthylen und Chromhydroxyd zerfällt, die Reduktion des Acetylens durch saure Chromoxydulsalzlösungen[7]). Die Reduktion soll vollständig verlaufen und kein Äthan gebildet werden. Nach einem Zusatzpatent[8]) läßt sich die Reaktion kontinuierlich ausführen, wenn man das Chromoxydulsalz während des Prozesses gleichzeitig durch Reduktion z. B. mit Zink und Salzsäure regeneriert.

Versuche zur Darstellung von Äthylalkohol aus Äthylen hatten wir bereits kennen gelernt. Bei Verwendung von Acetylen als Ausgangsstoff kommt aber der technisch noch nicht ausgebaute Weg über Äthylen — gegenüber dem über Acetaldehyd — heute nicht in Frage.

[1]) D.R.P. 278 249.
[2]) D.R.P. 264 123.
[3]) D.R.P. 281 687.
[4]) *Sabatier* u. *Senderens*, Comp. rendues *128*, 1173.
[5]) D.R.P. 253 160.
[6]) Ann. Chim. Phys. (4) *9*, 401.
[7]) D.R.P. 287 565.
[8]) D.R.P. 295 976.

Durch Oxydation mit Kaliumpermanganat entsteht aus Äthylen *Äthylenglykol*[1]). Die Chemische Fabrik Griesheim-Elektron führte Äthylen einer Kaliumpermanganatlösung im Gegenstrom entgegen[2]), wobei die Ansammlung von Manganschlamm und sonstigen zur Zurückhaltung von Glykol Anlaß bietenden Stoffen in den Reaktionsgefäßen verhindert wird. Die Ausbeute soll eine fast quantitative sein; man kann dabei auch das unreine, technisch aus Acetylen und Wasserstoff darstellbare Äthylen verwenden.

Äthylen mit weniger als der theoretischen Menge Sauerstoff durch ein auf 400 ° erhitztes Rohr geleitet, liefert nach *Schützenberger* viel polymeren *Formaldehyd*[3]). Nach *J. Walter*[4]) soll eine Durchführung der Oxydation mit Äthylen und Sauerstoff in theoretischen Mengen möglich sein, wenn man die Gase mit Wasserdampf verdünnt. Dabei soll angeblich alles Äthylen als Formaldehyd gewonnen werden. Neuerdings hat *R. Willstätter* in einem Vortrage aus einer noch nicht veröffentlichten Untersuchung mitgeteilt[5]), daß bei geeigneter Verdünnung des Äthylens und des entstehenden Formaldehyds sich Zersetzungen vermeiden lassen und etwa 50 % der theoretischen Ausbeute an Formaldehyd erhalten werden.

A. Wohl und *K. Bräunig*[6]) haben gefunden, daß durch Einwirken von Ozon auf Acetylen *Glyoxal* (COH—COH) — der einfachste Dialdehyd — und Ameisensäure entstehen. Während Gemische von Acetylen und Ozon sich leicht unter Explosion zersetzen, läßt sich die Oxydation bei passender Verdünnung mit anderen Gasen, besonders Wasserdampf, gefahrlos durchführen. Das angewandte Ozon reagiert zu etwa 90 %, Glyoxal wird durch Waschen der Gase mit Wasser in einer Ausbeute von etwa 30 % der Theorie in Form einer ca. 2prozentigen Lösung gewonnen, die durch Eindampfen konzentriert werden kann. Die in dieser Lösung enthaltene Ameisensäure — ca. 20 % der theoretisch berechneten Menge — ist in der verdünnten Form ziemlich wertlos. Bei weiterer Entwicklung kann das Verfahren Bedeutung gewinnen. Z. B. liefert die Bisulfitverbindung des Glyoxals nach *Hinsberg* mit Anilin glatt einen Körper, der in Indigo überführbar ist[7]). Nach *Berthelot* vereinigt sich Acetylen mit anderen ungesättigten Kohlenwasserstoffen beim Erhitzen[8]); so entsteht mit Äthylen Butadien (auch Divinyl genannt) $CH_2 = CH - CH = CH_2$. *Heinemann* will in gleicher Weise Acetylen und Methan zu Propylen kondensieren[9]). Dazu ver-

[1]) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. *30*, 1969.
[2]) D.R.P. 3122.
[3]) Bull. de la Soc. Chim. (2) *31*, 482.
[4]) D.R.P. 168 291.
[5]) Ztschrft. f. angew. Chem. 1919, 330.
[6]) Chem.-Ztg. 1920, 157.
[7]) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. *21*, 111.
[8]) Ann. de Chim. et Phys. (4) *9*, 466.
[9]) Franz. Pat. 458 397.

wendet er einen Katalysator, der mit dem aus dem Caroschen Patente zur Äthylendarstellung bekannten, aus Edel- und Unedelmetallen bestehenden identisch ist. Propylen soll angeblich auf diese Weise in einer Ausbeute von 70 % entstehen. Ein ähnliches Verfahren ist auch der Chemischen Fabrik Buckau geschützt[1]; als Katalysatoren dienen hier Nichtmetalle (z. B. Kieselsäure oder Titansäure). Auch die Darstellung von Glycerin aus dem so gewonnenen Propylen hat sich *Heinemann* patentieren lassen[2]; als „Verfahren" beschreibt er die in der Einleitung besprochene alte Glycerinsynthese von *Friedel* und *Silva*. Der gleiche Erfinder will ferner Isopren unter Verwendung der obenerwähnten Bildung des Divinyls (nach *Berthelot*) darstellen, indem er gleiche Raumteile Acetylen, Äthylen und Methylchlorid durch ein auf Dunkelrotglut erhitztes Rohr leitet; angeblich soll so Isopren (Methyldivinyl) in einer Ausbeute von 30 % entstehen[3]. Den Weg der Elementarsynthese, der — über das Aceton — zur technischen Darstellung des Isoprens und des Naturkautschuks führen kann, hatte uns oben das schöne Verfahren von *Merling* gezeigt.

Wir haben einen Überblick über die bisherigen Bestrebungen und den gegenwärtigen Stand der organischen Elementarsynthese in der Technik gewonnen. In wenigen Jahren ist — namentlich durch die Gruppe der vom Acetylen ausgehenden Synthesen — ein stattliches Bauwerk entstanden, das voraussichtlich den Grundstock einer ganzen neuen chemischen Großindustrie bilden wird.

In einem Vortrag vor der Hauptversammlung des Vereins Deutscher Chemiker in Würzburg 1919 hat *R. Willstätter* ausgeführt:

„Wir stehen heute vor der vierten Stufe der organischen Synthese. Wir müssen uns mehr und mehr mit unserer Methodik den Bedingungen der lebenden Zelle nähern, wovon wir noch sehr weit entfernt sind. Unsere Mittel sind zumeist plump, mehr den Kräften der anorganischen als der organischen Welt gemäß. Für die folgenden Jahrzehnte bietet sich die große Aufgabe, die Pflanze nachzuahmen: bei gewöhnlichen Temperaturen, in wässerigen Medien, mit gelinden Mitteln, mit den reaktionsfähigen Atomgruppen und den feinsten katalytischen Helfern. Die organische Synthese hat den Objekten nach sehr Hohes erreicht, den Methoden nach viel zu wenig."

So weist ein Meister der organischen Synthese, der selbst einen Teil seiner Erfolge bei der Untersuchung des Chlorophylls und anderer Pflanzenfarbstoffe einer mit fast künstlerischem Feingefühl durchgeführten Abstufung der Reaktionsbedingungen verdankt, die technische Synthese auf neue Pfade.

[1] D.R.P. 294 794.
[2] Amerikan. Pat. 1 180 497.
[3] Deutsche Pat. Anm. H 44 823 vgl. Chem. Fabrik Buckau D. Pat. Anm. C 21 963.

Es erscheint nicht ohne Reiz, die Leistungen der biochemischen Synthese — *Willstätter* hat ja nicht die Leistungen des lebenden Organismus, sondern dessen Reaktionsbedingungen im Auge — einmal mit denen der bisherigen technischen Synthese zu vergleichen. Auf großen Gebieten wie dem der Erzeugung von Nährstoffen hat bisher die Arbeit der Pflanze das Monopol: die technische Synthese etwa von Zuckern wird vielleicht in Zukunft einmal möglich werden, sie gehört aber, wie *Willstätter* in dem obenerwähnten Vortrag meint, vorläufig noch in das Gebiet der Utopien. Wenn die biologischen Verfahren dagegen chemische Produkte, nachdem deren synthetische Darstellung der Großindustrie bereits völlig gelungen war, weiterhin als Feldfrucht oder im Gärbottich erzeugten, haben sie sich bisher der chemischen Technik stets als unterlegen erwiesen. Der synthetische Indigo und das Alizarin haben die Kultur der Indigopflanze und des Krapps nach verhältnismäßig kurzem Kampfe verdrängt; und als es sich in letzter Zeit darum handelte, während des Krieges das für die Gewinnung von Methylkautschuk notwendige Aceton zu beschaffen, wurde dies zunächst vergeblich durch Gärungsverfahren versucht[1]; erst die Darstellung über Carbid und Essigsäure erwies sich als genügend leistungsfähig. — Ganz ähnlich steht es heute mit der Erzeugung von Alkohol und Essigsäure durch Gärung und der synthetischen Darstellung der entsprechenden Produkte aus Carbid. Von einer Erörterung der Gründe, die im Interesse der alten biologischen Verfahren ins Feld geführt werden, sei hier abgesehen; nur die Leistungsfähigkeit beider Darstellungsarten soll ein Vergleich anschaulich machen. 100 qm Kartoffelland liefern *im Jahre* höchstens 20 Liter Spiritus[2]), die Produktion einer technischen Anlage zur synthetischen Gewinnung desselben Produktes beträgt auf den gleichen Flächenraum bezogen *in einer Stunde* ein Vielfaches der Jahreserzeugung auf biologischem Wege.

Die technische Elementarsynthese leistet eben im höchsten Grade, was Ziel aller technischen Arbeit ist und was heute mehr als jemals nottut: die Schaffung *wirtschaftlicher Werte.*

Besprechungen.

Bolk, L., Odontologische Studien III. Zur Ontogenie des Elefantengebisses. 8°. Jena, G. Fischer, 1919. III, 38 Seiten und 22 Abbild. Preis M. 2,50.

Im ersten und zweiten Teil seiner „Odontologischen Studien" (1913 und 1914) versucht *Bolk* durch Aufstellung seiner Dimertheorie das stammesgeschichtliche Problem des Gebisses der Säuger, speziell der Primaten, in neuer Weise zu lösen. *Bolk* vertritt die Ansicht, daß der Säugerzahn hervorgegangen sei aus zwei

[1] Ztschrft. f. Elektrochem. 1918, 371.
[2] *Ullmann*, Enzyklopädie der techn. Chem. 1914, *Bd. 1*, 650 u. 752.

in buccolingualer[1]) Richtung verwachsenen Reptilienzähnen. Diese beiden Zähne treten bei den Reptilien nacheinander auf, indem der jüngere den älteren verdrängt; sie bilden mit zahlreichen nachfolgenden eine „Zahnfamilie". Bei den Säugern ist nun die Gliederzahl jeder solchen Familie auf zwei reduziert, die gleichzeitig in einheitlicher Anlage auftreten. Die Duplizität gibt sich bei den Säugerzähnen noch kund durch das sagittal[2]) gestellte „Schmelzseptum". Mit dem Zahnwechsel der Säuger hat also der dauernde Nachschub von Zähnen bei den Reptilien nichts zu tun. Vielmehr entstehen die beiden Zahngenerationen der Säuger aus den beiden Zahnreihen der Reptilien, die *Bolk* als Endo- und Exostichos bezeichnet. — Im dritten Teil seiner odontologischen Studien beschreibt nun *Bolk* eingehend den Zustand des Gebisses an einem Embryo des afrikanischen Elefanten von 20 cm Stirnsteißlänge. Aus seinen Befunden leitet er die mutmaßliche Entwicklung des Elefantenmolaren ab und glaubt, dieselbe im Sinne seiner Dimertheorie deuten zu dürfen. Allerdings sieht er sich dabei genötigt, seiner Hypothese noch eine zweite hinzuzufügen, die, so interessant sie auch ist, doch manchen Widerspruch erwecken dürfte. Ein solcher erscheint auch um so berechtigter, als die Dimertheorie selbst sicherlich noch der Stütze bestätigender Befunde bedarf.

Wie bekannt, unterscheiden sich die Elefantenmolaren von denen anderer Säuger durch ihre Größe, ihre eigenartige Zusammensetzung aus quer zum Kiefer stehenden Lamellen und durch ihren horizontal von hinten nach vorn erfolgenden Wechsel. Den früheren Untersuchern, besonders *Röse*, lagen stets nur solche jugendlichen Stadien vor, bei denen die Hartsubstanzen bereits stark entwickelt waren. *Bolk* ist zum ersten Male in der glücklichen Lage, embryonales Material untersuchen zu können. Er stellt vor allem fest, daß die Anlage des Elefantenmolaren eine einheitliche ist, daß mithin die Konkreszenztheorie *Röses* nicht haltbar ist, nach der erst sogen. Digitellen und aus diesen die Lamellen entstehen sollten, welch letztere wieder durch Verwachsung den ganzen Zahn bildeten. Diese Auffassung mag für die Hartteile gelten, die erste Anlage ist eine geschlossene. Allerdings ist auch nach *Bolk* diese erste Anlage im Vergleich zum fertigen Zahn unvollständig. In einer von den anderen Säugern stark abweichenden Weise differenziert sich zuerst die Zahnleiste in bucco-lingualer Richtung; sodann findet eine fortschreitende Differenzierung der ganzen Anlage von vorn nach hinten zu statt. Auf dem vorliegenden Stadium besitzt der zweite Molar nur fünf Lamellenanlagen, während der fertige Zahn sieben Lamellen zeigt. Es fehlen also noch die beiden hintersten. Der dritte Molar zeigt gar nur die drei vordersten Lamellenanlagen. Auch in den morphologischen Einzelheiten ist eine von hinten nach vorn fortschreitende Komplikation zu bemerken. Nach Auffassung des Ref. stehen die Befunde *Bolks* nicht in so schroffem Widerspruch zu der Röseschen Anschauung, wie der Verfasser selbst glaubt. Aus der unbestrittenen Tatsache, daß später die Hartsubstanzen in getrennten Bezirken entstehen, ergibt sich zum mindesten das Vorhandensein verschiedener Potenzen in den bindegewebigen und epithelialen Zahnanlagen. Daß die erste indifferente Anlage einheitlich ist, entzieht der Konkreszenztheorie, die getrennte Anlagen annimmt, doch noch nicht den Boden.

Bei der theoretischen Auswertung seiner Befunde setzt *Bolk* stillschweigend voraus, daß er die gleichzeitigen Zustände verschieden weit entwickelter Teile desselben Organs mit successiven Stadien desselben Organteils während der Ontogenese gleichsetzen darf. Denn es lag ihm ja nicht eine Entwicklungsreihe, sondern nur das eine Stadium vor. — Er betrachtet nun die hintereinander stehenden Lamellen des Elefantenmolars als homolog den Gliedern einer Reptilien-Zahnfamilie. Während bei den anderen Säugern aber nur zwei Glieder die Familie bilden, ist beim Elefanten das Produktionsvermögen der Zahnmatrix „reaktiviert" worden und führt zur Entstehung von sieben Gliedern. Diese entstehen zwar mit einer gewissen zeitlichen Verschiebung, führen aber doch schließlich zu einem einheitlichen Gebilde. Die große Schwierigkeit, die sich dieser Auffassung entgegenstellt, besteht nun darin, daß bei den Reptilien der Nachschub der jungen Zähne in buccolingualer Richtung vor sich geht, und auch bei den anderen Säugern das Schmelzseptum sagittal gerichtet ist, beim Elefanten dagegen die Lamellen gerade quer stehen, ebenso die von *Bolk* als Schmelzsepten angesprochenen Gebilde. Zur Beseitigung dieser Schwierigkeit nimmt *Bolk* nun einfach an, daß die ganze Anlage sich um 90 ° gedreht habe. Man wird sich mit dieser Erklärung nicht ohne weiteres zufrieden geben, zumal sich keinerlei paläontologische Befunde zu ihren Gunsten anführen lassen, was *Bolk* auch selbst zugibt. Zum mindesten wird abzuwarten sein, ob weitere Untersuchungen irgendwelche Spuren einer solchen Drehung in der Ontogenese aufzeigen können, um so mehr als *Bolk* in anderer Beziehung seine phylogenetischen Schlüsse gerade auf ontogenetische Befunde stützt. Er verlegt auch, gezwungen durch den Mangel an paläontologischem Material, den Vorgang der Drehung in die jüngste Zeit der Stammesgeschichte. Um so mehr sind Anzeichen derselben in der Ontogenese zu erwarten. Als Parallelbeispiel einer solchen Drehung führt *Bolk* das Verhalten der Hauer beim Hirscheber (Sus babyrussa) an. Dieses Beispiel dürfte aber viel eher gegen als für seine Hypothese sprechen. Denn hier handelt es sich um eine normale und normal gelegene Organanlage, deren späteres abweichendes Verhalten auf einem sekundären, abnorm gerichteten Wachstumsvorgang beruht. Mithin ist hier die Entstehung der Drehung (besser: Krümmung) sehr wohl in der Ontogenese zu verfolgen.

L. Glaesner, Hildesheim.

[1]) Von der Wange zur Zunge.
[2]) Parallel zum Kieferrand.

Boas, J. E. V., Lehrbuch der Zoologie für Studierende. Achte vermehrte und verbesserte Auflage. Jena, Gustav Fischer, 1920. 8°. XII, 736 S. und 683 Abbildungen im Text. Preis brosch. M. 36,—, geb. M. 43,—.

Es sind gerade 30 Jahre seit dem Erscheinen der ersten Auflage des „Boas" verflossen. In diesem Zeitraume hat sich das Werk an den deutschen Hochschulen eingebürgert und den Beifall sowohl der Lehrenden wie der Lernenden in reichem Maße erworben. Obgleich in erster Linie für diejenigen Studierenden bestimmt, in deren Studienplan die Zoologie einen Platz nur unter den naturwissenschaftlichen Vorbildungsfächern einnimmt, also für Mediziner, Veterinär- und Forstwissenschaftler, ist es doch auch den Naturwissenschaftlern selbst ein viel benutztes und fast unentbehrliches Lehr- und Nachschlagebuch geworden. Allgemein anerkannt ist die übersichtliche, klare und leicht verständliche Darstellungsweise, die nur das Wesentliche hervorhebt, und die Fülle der trefflich schematisierten, lehrreichen Abbildungen.

Was die vorliegende achte Auflage, die überall die bessernde Hand erkennen läßt, besonders auszeichnet, ist die Einfügung zweier neuer Abschnitte im allgemeinen Teil. Den Kapiteln über Histologie, Organe, Grundformen, Entwicklungsgeschichte, System, Abstammungslehre und Biologie ist ein solches über Physiologie und ein, allerdings kurzes, über Erblichkeit beigegeben worden. Der physiologische Abschnitt behandelt übersichtlich die chemische Zusammensetzung der Tiere und der Nahrung, den chemischen Umsatz im Tierkörper (Energieproduktion, Ernährung, innere Sekretion), die allgemeinen Lebensbedingungen (Wärme, Licht, Wasser, Nahrung, Sauerstoff), die Reizbarkeit sowie die Statik und Mechanik des Tierkörpers. In dem Abschnitt über Erblichkeit wird die Frage nach der Vererbung erworbener Eigenschaften beleuchtet und das Wichtigste über die Mendelschen Regeln mitgeteilt. Auch in dem Kapitel über Entwickelungsgeschichte und im speziellen Teil erhöhen Änderungen und Zusätze den Wert des Werkes, das in dieser neuen Gestalt sich die alten Freunde erhalten und neue gewinnen wird.

Die Ausstattung des Buches in bezug auf Papier, Druck und Abbildungen ist tadellos und gereicht dem Verlage unter den heutigen Verhältnissen zu besonderer Ehre. *Walther May, Karlsruhe.*

Oppenheimer, C., und O. Weiß, Grundriß der Physiologie. I. Teil. Biochemie von *C. Oppenheimer*. 2. Aufl. VIII, 476 S. Preis M. 19,—. 2. Teil. Biophysik von *O. Weiß*. XV, 454 S. Preis M. 16,—. Georg Thieme, 1919.

Die bekannte und geschätzte „Biochemie" von *C. Oppenheimer* erscheint in ihrer 2. Auflage als selbständiger Teil eines Grundrisses der Physiologie, in der die nicht dem chemischen Teil angehörenden Teile des Gebietes als „Biophysik" von *O. Weiß* behandelt sind. Ob die beiden Hälften Biochemie und Biophysik ein Ganzes, die Physiologie, zu geben imstande sind, soll hier nicht erörtert werden, vielmehr wollen wir uns daran halten, daß in den vorliegenden, handlichen Bändchen gediegenes Wissen und reiches Tatsachenmaterial dem Leser — vor allem den Studierenden — vermittelt wird. Das Oppenheimersche Buch zeigt alle Vorzüge des Verfassers: die Fähigkeit, selbst schwierige, verworrene Gebiete übersichtlich darzulegen und dem Verständnis näher zu bringen, wobei die Lücken und die Grenzen unserer Kenntnisse keineswegs verschwiegen werden, das geschickte Hervorheben des Wesentlichen und der Zusammenhänge, unterstützt von einem leichtflüssigen, angenehm lesbaren Stil. Während der erste Teil, der die chemischen Bestandteile des tierischen Körpers systematisch behandelt, als kurzes Nachschlagebuch namentlich dem Studierenden gute Dienste leisten dürfte, wird aus dem zweiten Teil, der die chemischen Funktionen der Gewebe und des Organismus erörtert, auch der Fachmann viel Anregung schöpfen. Hier, namentlich in der Erörterung des intermediären Stoffwechsels, des Energiewechsels, der Wirkung der endokrinen Drüsen sind auch die wesentlichsten Änderungen gegen die erste Auflage erfolgt, wenn auch die verbessernde Hand des Verfassers in allen Teilen zu merken ist.

In der „Biophysik" von *O. Weiß* erfreuen wir uns der Führung eines sehr zuverlässigen Meisters. In schlichter Weise werden die Grundtatsachen der allgemeinen Physiologie, Muskel-Nerven-Physiologie, die Sinnesorgane, abgehandelt, wobei hauptsächlich die Bedürfnisse der Studenten ins Auge gefaßt werden. Da gerade jetzt nach kürzer gefaßten Darstellungen der einzelnen Disziplinen wohl ein erhöhtes Bedürfnis vorliegt, so wird das Buch ohne Zweifel sich rasch ein Publikum erobern. *P. Rona, Berlin.*

Noorden, Carl v., und Hugo Salomon, Handbuch der Ernährungslehre. Erster Band: Allgemeine Diätetik. Berlin, J. Springer, 1920. XXXIII, 1237 S. Preis geh. M. 68,—.

Wenn *v. Noorden* und *Salomon* daran gehen, die reichen Erfahrungen über Ernährung, die sie und die Schüler *v. Noordens* in langen Jahren gesammelt haben, zu einer einheitlichen Darstellung der Ernährungslehre zusammenzufassen, so muß auf alle Fälle ein Werk entstehen, das jeder, der sich mit diesem Gebiete beschäftigt, mit dem Gefühl zur Hand nimmt, daß Ansichten, die hier vertreten werden, die ernsteste Beachtung verdienen. Es ist eine gewaltige Arbeitsleistung, die in diesem starken Bande steckt. Umfassende Berücksichtigung der Literatur, reiche eigene Erfahrung, klares, kühles Abwägen der möglichen Standpunkte, aber auch scharfe Betonung des gesicherten Besitzes der Wissenschaft, das sind die Züge, die in jedem Kapitel wiederzufinden sind. Das Gebiet, das die Verfasser bearbeiten, ist sehr weit, Physiologie, Hygiene und innere Medizin behandeln alle einzelne Teile dessen, was hier zur höheren Einheit vereinigt erscheint. Die einleitenden Abschnitte behandeln die einzelnen Nährstoffe vom physiologischen Standpunkte aus, wobei die ausführliche Darstellung der Bedeutung des Wassers und der Mineralstoffe besonders hervorgehoben sei. Ganz besonders lesenswert sind die Kapitel über die Rolle des Kalorienumsatzes und des Eiweißumsatzes in der Diätetik. Den größten Raum (663 Seiten) nimmt die „Bromatik" ein, die Lehre von den einzelnen Nahrungsmitteln und ihrer Verwendung. Dieser Teil ist in erster Linie Nachschlagewerk, in dem nicht nur über die üblichen Nahrungs- und Genußmittel, sondern auch über die Fülle der Nährpräparate, der Gewürze und ihre Ersatzmittel mit großem Fleiß alles Wesentliche zusammengetragen ist. Der letzte große Abschnitt (341 Seiten) ist den allgemeinen Diätkuren gewidmet, oder vielleicht richtiger den verschiedenen Diätformen, denn es handelt sich durchaus nicht nur um die Beschreibung von Kuren (Milchkuren, Obstkuren, Durstkuren, Mastkuren, Entfettungskuren), sondern auch um die Darstellung verschiedener physiologischer Ernährungsformen, wie der Ernährung im Greisenalter, in der Schwangerschaft, im Wochenbett, beim Stillen. Auch die eiweißarme Kost, die kochsalzarme Kost, die vegetarische Kost können je nach den Umständen als Kostformen oder als Kuren in Frage kommen. Sehr beachtenswert ist hier auch der Abschnitt über die künstliche Ernährung.

Sehr wichtig ist es, daß die Verfasser überall die Erfahrungen des Kriegsnotstandes der Ernährung ausführlich berücksichtigen. Diese Erfahrungen haben keineswegs nur theoretisches oder historisches Interesse, sondern werden vielleicht noch lange von unmittelbarster Bedeutung sein, denn es ist noch garnicht abzusehen, wann wir Städter einmal wieder unsere Nahrung wirklich einigermaßen frei werden wählen und uns so ernähren können, daß wir uns nicht mehr gerade hart an der Grenze der Lebensmöglichkeit bewegen. Die Befürwortung einer weitgehend vegetarischen (laktovegetabilen) Ernährungsweise, die uns gestattet, die im eigenen Lande erzeugten Nährwerte dem Menschen in größerem Umfange nutzbar zu machen, als es bei reichlichem

Fleischgenuß möglich ist, möchte der Referent als höchst zeitgemäß und wichtig noch besonders unterstreichen. Nicht nur der Physiologe und Kliniker, sondern auch jeder, der sich mit Fragen der Volksernährung zu befassen hat, wird aus diesem Werk zuverlässige und gründliche Belehrung über die vielgestaltigsten Fragen der Ernährungslehre schöpfen.

A. Pütter, Bonn.

Naef, Adolf, Idealistische Morphologie und Phylogenetik. Jena, G. Fischer, 1919. 8°. 77 S. Preis geh. M. 3,—.

Je bestimmter die Entwicklung eines Wissenschaftszweiges während einer gewissen Zeit orientiert ist, je energischer eine bestimmte Anschauungsweise zum leitenden Gedanken aller zugehörigen Betrachtungen gemacht wird, um so sicherer können wir auf das Eintreten einer Reaktion rechnen, die den angeblich überwundenen und abgetanen Ideen wieder Geltung verschaffen will. Leider erleben wir es bei diesem Anlasse oft genug, daß die Revision in dem richtigen Bestreben, ausartender Einseitigkeit einen Damm entgegenzusetzen, nun wiederum zum entgegengesetzten Extrem führt. Dieser Gefahr ist sich offenbar *Naef* vollkommen bewußt gewesen, als er es unternahm, sich in seiner kleinen Schrift mit den in den letzten Dezennien üblichen Prinzipien der Systematik und Morphologie auseinanderzusetzen. Daß er trotz seiner Ablehnung der phylogenetischen Grundlage des Systems jeden Radikalismus vermeidet, macht seine Schrift wertvoll und lesenswert. Daran ändert die Tatsache nichts, daß die darin vorgebrachten Gedankengänge und Anschauungen zum großen Teil nicht neu sind, wie der Verfasser selbst zugesteht. Das Streben nach Klarstellung des Tatsächlichen und Läuterung getrübter Begriffe ist auf alle Fälle anerkennenswert und tut noch manchem anderen Zweige unserer Wissenschaft bitter not. Ob dazu freilich die etwas anspruchsvolle neue Terminologie *Naefs* unbedingt nötig war, bleibe dahingestellt. Eine ganze Reihe seiner Begriffe ist schon von anderer Seite schlicht und einfach in deutscher Sprache ausgedrückt worden. — Was den Inhalt der Schrift angeht, so müssen gegen einige seiner Ableitungen erkenntnistheoretische Bedenken erhoben werden, die in den folgenden Zeilen angedeutet werden mögen.

Der Verfasser scheidet scharf zwischen der phylogenetischen Systematik *Haeckels* und der von ihm selbst vertretenen idealistischen Systematik: Die Deszendenzlehre kann nie die Grundlage des Systems bilden, weil sie dessen, d. h. der vergleichenden Morphologie, selbst als Stütze bedarf. Vielmehr kann nur auf dem schon von *Goethe* erkannten „Typus" das System erbaut werden. Schon die naivste Systematik arbeitet unbewußt mit Typen. — Für jeden Unbefangenen bildet dieser Typus, der eine Art platonische Idee darstellt, einen durch Abstraktionen gewonnenen Begriff. *Naef* hingegen bemüht sich, für den *Typus* ein höheres Maß von Realität nachzuweisen, besonders will er ihn von den „papierenen Schemen" der vergleichenden Anatomie scharf unterschieden wissen. Er vergleicht ihn mit einer Kristallform, von der die Erscheinungen der mehr oder minder unregelmäßigen wirklichen Kristalle ableitbar sind. Dieser Vergleich ist aber nur bedingt zulässig, insofern dabei nur die Gestalt betrachtet wird, die an sich schon eine Abstraktion darstellt. Ebenso ist der Naefsche Satz falsch: „Der Typus einer Schnecke ist eine Schnecke." Als solche müßte er Gegenstand unserer sinnlichen Erfahrung sein können, was aber nicht der Fall ist. Auch der Vergleich der auf den Typus führenden „typischen Ähnlichkeiten" mit geometrischer Ähnlichkeit ist verfehlt. Ähnliche Figuren unterscheiden sich nur durch die Größe, stimmen aber in den Verhältnissen entsprechender Stücke *genau* überein. Bei typischen Ähnlichkeiten müssen wir aber zunächst die Gestaltsabweichungen der Einzelobjekte aufsuchen, um sie auszuscheiden und zum Typus zu gelangen. Mithin wird der Typus durch eine begriffliche Synthese gewonnen.

Hat schon bei *Goethe* die Ableitung der Einzelerscheinungen aus dem Typus, die „Metamorphose", stets die Vermutung einer phylogenetischen Auffassung bestehen lassen, so scheint auch bei *Naef* trotz aller Verwahrung eine solche hie und da aufzutauchen. Es kommt dies letzten Endes daher, daß der Autor den Typus um keinen Preis als reinen Begriff gelten lassen will. Sonst brauchte er die „Ableitung" nur als didaktische aufzufassen, als Mittel der benennenden und ordnenden Erkenntnis, und sofort wäre die Scheidung zwischen dem Begriff des Typus und einer vielleicht einmal vorhandenen „Stammform" reinlich vollzogen. Indem er sich dazu nicht entschließen kann, bringt er Unklarheiten und Widersprüche in seine Ausführungen.

Die verschiedenen Typen sind nach *Naef* über- oder nebengeordnet, also genau wie die Begriffe. Als etwas wesentlich anderes sieht er dagegen die „Diagnosen" an, weil in ihnen manche typischen Merkmale fehlen, z. B. in der Diagnose der Gastropoden die Kriechsohle. Dies hat jedoch m. E. einen rein praktischen Grund, um die Diagnose zu Bestimmungszwecken brauchbar zu machen. Die Kriechsohle ist eben nur für einen Teil der Gastropoden typisch. Mithin gehört sie auch in den allgemeinen Gastropodentypus gar nicht hinein. Zum Teil wird sicherlich die Entscheidung zwischen typisch und nichttypisch mit Hilfe der Statistik herbeigeführt. *Naef* gibt dies auch zu, doch legt er, sehr mit Recht, großen Wert auf eine Gruppe anderer Gesichtspunkte, die er unter der Bezeichnung: morphologisches Primat zusammenfaßt. Er versteht darunter folgendes: Der typenbildende Wert eines Merkmals ist um so größer, je früher er in der Ontogenese auftritt. Diese „ontogenetische Präzedenz" ist zweifellos von großer Bedeutung. Sicherlich ebenso wichtig ist aber auch die „paläontologische Präzedenz", die *Naef* jedoch recht nebensächlich behandelt, offenbar in dem Gefühl, daß an dieser Stelle phylogenetische Gesichtspunkte sich kaum vermeiden lassen. Die „systematische Präzedenz" endlich verleiht einem Merkmal dadurch höheren Wert für die Typenbildung, daß es schon in der nächsthöheren systematischen Stufe dem Typus angehört. Der Begriff der systematischen Präzedenz scheint mir jedoch für die Feststellung des Typus wertlos, weil letztere dem Aufbau des Systems vorangehen muß. Wir werden daher *Naef* zustimmen, wenn er das Hauptgewicht auf die Entwicklungsgeschichte legt. Zweifellos sucht er auch ganz mit Recht den tieferen Grund des ontogenetischen Primates in kausalen Momenten. Doch ist zu bedenken, daß wir gerade in der Erforschung der kausalen Beziehungen noch sehr in den Anfängen stehen. Im zweiten Teil seiner Arbeit unterzieht *Naef* die Grundlagen der Phylogenetik einer eingehenden, durchaus sachlichen Kritik. Nach ihm stellen die Bezeichnungen der phylogenetischen Systematik einfach Übersetzungen der idealistischen in ihre Sprache dar (Typus = Stammform). Mir

scheint das etwas weit zu gehen. Die Aufstellung einer hypothetischen Stammform schließt durchaus nicht die Behauptung ihrer ehemaligen Realexistenz ein. Sie bedeutet im Grunde nur die Aufstellung eines Stammtypus, der aber von dem rezenten Typus verschieden ist. Wir könnten passenderweise von einer Deszendenz der Typen reden. — Im Anschluß an Weismannsche Gedanken weist der Verfasser dann auf die Unmöglichkeit hin, eine andere kontinuierliche Deszendenz aufzuzeigen als die der „Keimbahn" und beleuchtet treffend den Unterschied zwischen Individual- und Artverwandtschaft. Besondere Aufmerksamkeit schenkt er den verschiedenen Arten von Stammbäumen. Während der ideale Stammbaum die Grundlage des Systems bilden kann, ist der phylogenetische dazu nicht geeignet. Im System koordinierte Stammgruppen, wie die Klassen der Wirbeltiere, sind von Ästen ungleicher Ordnung am Stammbaum abzuleiten. Doch ergibt sich diese Notwendigkeit, auf die übrigens u. a. *A. Goette* hingewiesen hat, m. E. ebenso bei rein historisch-phylogenetischer Betrachtungsweise. — Als größten Mangel des phylogenetischen Gedankens betrachtet *Naef* die Tatsache, daß die Frage nach den Faktoren der Umbildung trotz mancher Ergebnisse noch immer offen ist. Immerhin gibt er die Möglichkeit ihrer Lösung zu auf Grund der Erforschung dreier Faktorenkomplexe: des ökologischen, des konstruktiven und des entwicklungsmechanischen. Zur Feststellung der historischen Stammesentwicklung stehen uns dreierlei Quellen zur Verfügung: 1. die systematischen Urkunden (sie decken sich im wesentlichen mit den Ergebnissen der vergleichenden Anatomie); 2. die paläontologischen; 3. die ontogenetischen. Was die letzteren angeht, so lehnt *Naef* zwar das biogenetische Prinzip in *Haeckels* Fassung mit Recht ab, da die Stadien der Ontogenese niemals die erwähnten Zustände der Ahnen rekapitulieren können, sondern nur deren homologe Entwicklungszustände (*A. Goette*). Doch lassen diese unter Umständen, wenn wir sie uns durch eine Art Extrapolierung vollendet denken, wichtige Schlüsse auf die Endstadien der Ahnen zu. Es dürfte eine solche Konstruktion im konkreten Fall allerdings etwas problematisch ausfallen. *L. Glaesner, Hildesheim.*

Růžička, Vl., Restitution und Vererbung. Experimenteller, kritischer und synthetischer Beitrag zur Frage des Determinationsproblems. Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik der Organismen, herausgegeben von *W. Roux*, Heft 23. Berlin, J. Springer, 1919. 69 S. Preis M. 10,—.

Růžička, der sich in einer Reihe von Arbeiten seit 1906 mit der Zurückführung von Lebensvorgängen auf chemische Prozesse des Protoplasmas („morphologischer Metabolismus") beschäftigt hat, behandelt die Wiederherstellung verlorener oder ausgeschalteter Teile des Organismus gemäß seinen Anschauungen und in ihrem Dienste stehenden neuen Versuchen.

Die Restitutionen werden als Regulationen angesehen. Als ihr wichtigstes Merkmal gilt nach Störung die Rückkehr zur typischen Organisation, die auf mehr oder weniger atypischem Wege aus atypischer Ursache und mit Rücksicht auf das Ganze geschieht. Der Darstellung eigener Theorie voraus geht die Kritik der Lehren von *Weismann, Roux, O. Hertwig, Driesch* und weiter der Stellungen, die zu jenen auf Grund ihrer Versuchsergebnisse *Child, Klebs* und *Schaxel* eingenommen haben. Insbesondere lehnt *Růžička* die von *Schaxel* versuchte Ausschaltung der finalen Betrachtungsweise ab, hofft aber trotzdem gegen *Driesch* „auf Grund naturwissenschaftlicher Forschung im konkreten Falle doch zu einer einheitlichen Lösung der Frage der sog. Zweckmäßigkeit der Restitution, d. h. der Lösung des ‚Einflusses des Ganzen' zu gelangen".

Bereits die erste Entstehung des Restitutionsgewebes und die ersten Stufen seiner Differenzierung, die noch vor Beginn der Funktion einsetzen, werden als biochemische Vorgänge geschildert. Weiterhin wird das „vereinheitlichende Moment, welches den Begriff der Äquifinalität ausdrückt", in der „Artgemäßheit des Stoffwechsels aller Zellen eines bestimmten Organismus" gesehen. „Daß aber die chemischen Vorgänge überhaupt den Anforderungen, welche an das regulierende Prinzip gestellt werden müssen, zu genügen imstande sind, daran kann nicht gezweifelt werden. Da sie zweifellos das Wesen der einzelnen Lebensvorgänge bilden, sind sie, durch die Artgemäßheit verknüpft, tatsächlich imstande, mit gegenseitiger Ordnung vor sich zu gehen, denn diese Ordnung gehört ihrem innersten Wesen an; in chemischen Vorgängen geschieht alles mit gegenseitiger Rücksicht, darin liegt eben das Wesen dieser Vorgänge, die chemischen Vorgänge beruhen auf dieser Rücksicht." Das „oberste organische Regulationsprinzip" ist die Artgemäßheit der biochemischen Prozesse, die durch die spezifische morphochemische Struktur des Protoplasmas bestimmt wird. Mit der als „Morphochemie" aufgefaßten Biochemie hält *Růžička* das Regulationsproblem für mechanistisch lösbar und damit den Vitalismus für erledigt.

Indem *Růžička* die Vererbung der Restitution ihrem Wesen nach gleichstellt, eröffnet er für sie eine ähnliche Betrachtungsweise.

Statt gegenständlicher Kritik sei nur die methodologische Bemerkung gemacht, daß in dieser Mechanik der organischen Regulationen Vorstellungen aus verschiedenen Bereichen des Denkens walten. Die Heterogenität des biologischen Theoretisierens muß erst einmal bemerkt werden, ehe sie beseitigt oder begründet wird. *J. Schaxel, Jena.*

Molisch, H., Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. Für Botaniker, Gärtner, Landwirte, Forstleute und Pflanzenfreunde. Dritte, neubearbeitete Auflage. Jena, Gustav Fischer, 1920. XI, 326 S. und 145 Abbildungen im Text. Preis geh. M. 20,—, geb. M. 25,—.

Bei der schnellen Folge, mit der sich eine Auflage an die andere schließt, wird ein erneuter Hinweis auf die vorzüglichen Qualitäten des inhaltsreichen, anregenden Buches, das *Molisch*, der Pflanzenphysiologe, den Gärtnern und Gartenfreunden widmet, entbehrlich. Es genügt daher, auf die Verbesserungen und Bereicherungen hinzuweisen, durch welche sich die dritte neue Auflage von den vorangehenden unterscheidet, und von welchen der Abschnitt über die Wirkung des Neonlichtes auf Assimilation und Pflanzenwachstum, die illustrierte eingehende Beschreibung der insektenfressenden Pflanzen und der Hinweis auf des Verf. Untersuchungen über das „Treiben" der Wurzeln und auf die künstliche Verlängerung der Lebensdauer besonders erwähnt sein mögen. — Die Zahl der Abbildungen ist von 137 auf 145 gestiegen; die neuen Illustrationen berichten über die soeben erwähnten Fragen.

E. Küster, Bonn.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Theźing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 32. (Seite 627—642) **6. August 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Die Bedeutung der Edelgase für die Elektrotechnik. Von *Fritz Schröter, Berlin.* (Mit 10 Abbildungen.) S. 627.

Besprechungen:

Föppl, A. und L., Drang und Zwang. Von *R. Grammel, Stuttgart.* S. 633.

Grimsehl, E., Lehrbuch der Physik. Von *Hartmut Kallmann, Berlin.* S. 634.

Valentiner, Siegfried, Die Grundlagen der Quantentheorie in elementarer Darstellung. Von *F. Reiche, Berlin.* S. 635.

March, Arthur, Theorie der Strahlung und der Quanten. Von *F. Reiche, Berlin.* S. 635.

Kohlrausch-Scholl, Kleiner Leitfaden der praktischen Physik. Von *W. Grotrian, Berlin-Dahlem.* S. 635.

Kroner, Richard, Das Problem der historischen Biologie. Von *M. Schlick, Rostock.* S. 636.

Driesch, Hans, Der Begriff der organischen Form. Von *M. Schlick, Rostock.* S. 637.

Doflein, Franz, Das Problem des Todes und der Unsterblichkeit bei den Pflanzen und Tieren. Von *A. Pütter, Bonn.* S. 637.

Molisch, Hans, Populäre biologische Vorträge. Von *A. Pütter, Bonn.* S. 637.

Kammerer, Paul, Menschheitswende, Wanderungen im Grenzgebiet von Politik und Wissenschaft. Von *H. L. Honigmann, Magdeburg.* S. 638

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 638—640.

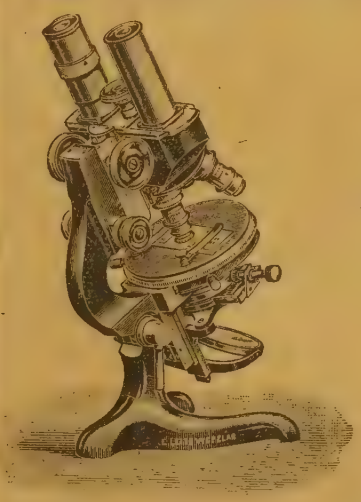
Beiträge zum erdkundlichen Unterricht. Die Rationierungsmethoden in Deutschland und Dänemark. Über die Abweichungen vom Coulombschen Gesetze in großer Nähe elektrischer Ladungen. Metalluntersuchungen mittels Röntgenstrahlen. Die K-Serie der Röntgenstrahlen. Die M-Serie der Hochfrequenzspektra.

Geophysikalische Mitteilungen. S. 640—642.

Die Chandlersche und die Newcombsche Periode der Polbewegung. The viscosity of the earth.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.



Binokulares Mikroskop mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren

Mikrophotographische und Projektionsapparate

Mikrotome, Lupen und Lupenmikroskope ❖ Prismenfernrohre.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 26.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1,50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C. Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztewelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes **blutbildendes Eisenpräparat** von höchster **Wohlbekömmlichkeit.**

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a. Rh.

Photo-Apparate

Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang Berlin — *Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr. Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)*

Die Anschaffung des

Handwörterbuchs der Naturwissenschaften

10 Bände in Halbfranz 1200 Mk., Auslandspreis 3000 Mk., erleichtert durch Verteilung des Betrages auf mehrere Jahre oder Amortisation in 10% Monatsraten. Das Werk wird sofort vollständig geliefert. Ein Band gern zur Ansicht.

H. Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75

Mikroskopische Präparate

Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Testplatten, Mineralogie und Geologie. Neue Liste gegen Einsendung von M. 5.—, welche bei einem Auftrage von M. 20.— angerechnet werden.

J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (207)

Mineralien, Kristalle und Gesteine
Spez. vogtl. und sächs. Vorkommen
offeriert preiswert und in reicher Auswahl
Mineralien-Niederlage A. Jahn
Plauen i. V., Oberer Graben 9
Preisliste gratis.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Lichtbilder
für Projektion
aus allen Gebieten der Wissenschaft, Kunst, Völkerkunde etc.

Projektionsapparate

A. Krüss
Optisch-Mechanische Werkstätten
Inhaber: Dr. **Paul Krüss,**
Hamburg 11. (192)

Soeben erschien:

Leitfaden der Hüttenkunde
für Maschinentechniker

Von

Dipl.-Ing. **K. Sauer**

Mit 81 Textfiguren

Preis M. 9.—
und Sortimentszuschlag

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 6. August 1920. Heft 32.

Die Bedeutung der Edelgase für die Elektrotechnik.

Von Fritz Schröter, Berlin.

Die Edelgase Helium, Neon, Argon, Krypton, Xenon sind dem Leser dieser Zeitschrift wohlbekannt. Ihre Entdeckung und Abscheidung aus der Luft durch den während des Weltkrieges verstorbenen berühmten englischen Chemiker *William Ramsay* und seine Mitarbeiter wird ein Markstein in der Geschichte der Erforschung unserer Atmosphäre und der Spektralanalyse bleiben. In den seit der Auffindung jener Elementengruppe, der nullten des periodischen Systems, verflossenen Jahren waren zahlreiche Untersuchungen auf die Erforschung der physikalischen Eigenschaften der Edelgase gerichtet; und bis in die jüngste Zeit hinein haben gerade diese Elemente bezüglich des Atom- und Molekülbaues der Wissenschaft interessante Probleme aufgegeben. Es sei hier an die grundlegenden Arbeiten von *Franck* und *Hertz* erinnert, wonach Elektronen unterhalb einer gewissen Energieschwelle, d. h. unterhalb einer bestimmten im elektrischen Felde erlangten Geschwindigkeit, des „Resonanzpotentials", von den Edelgasatomen nach den Gesetzen des elastischen Stoßes mit unmerklich kleinem Energieverlust reflektiert werden, eine Entdeckung, welche die für die elektrische Entladung in verdünnten Gasen bis dahin so fruchtbare Theorie der Stoßionisation von *Townsend* erschütterte. Ferner darf in diesem Zusammenhang der Möglichkeiten gedacht werden, die das Heliumatom für die experimentelle Nachprüfung der Bohrschen Atomtheorie bietet, endlich auch an die Rolle, die es, besonders nach den neueren Untersuchungen *Rutherfords*, als Baustein der Atomkerne zu spielen scheint.

Wir wollen hier jedoch nicht auf die Bedeutung der Edelgase für die wissenschaftliche Physik, sondern vielmehr auf ihre technische Nutzbarmachung eingehen. Ein derartiger Ausdruck mochte vor zwanzig Jahren kühn geklungen haben, wenn man die Spärlichkeit des Vorkommens jener Gase — abgesehen von Argon — in Betracht zog. In wie hochgradiger Verdünnung sie in der Atmosphäre (dicht über dem Erdboden) enthalten sind, zeigt die 1. Tabelle, welche zugleich die wichtigen Daten für die Dichte und den Siedepunkt enthält. Die Gewinnung der selteneren Edelgase aus dem Rohargon, das nach Absorption von Stickstoff und Sauerstoff aus der Luft übrig bleibt, war damals eine schwierige und mühselige Beschäftigung, so daß sich die ersten Untersuchungen naturgemäß auf das reichlich vorhandene Argon und auf

Tabelle 1.

Name des Gases	Dichte	Siedepunkt	Verdünnung in der Luft
Helium	2	— 269°	1 : 200 000
Neon	10	— 230°	1 : 67 000
Argon	19,96	— 186°	1 : 107
Krypton . . .	41,5	— 152°	1 : 20 000 000
Xenon	65	— 107°	1 : 170 000 000

Helium beschränkten, das man durch Erhitzen oder chemisches Aufschließen gewisser Mineralien erhalten konnte. Zeit rühren bereits die ersten mit unmittelbar auch für die Technik in Anwendungen von Argon und Helium schlug *Wilhelm Ostwald* den Zusatz de technischen, mittels elektrischer Ent durchgeführten Gasreaktionen (z. B. Stickstoffoxydation) vor. Infolge der hohen Leitfähigkeit des Edelgases sollte der Spannungs- und Energiebedarf des Hochspannungsbogens verringert werden. Ein solches Verfahren war aber weder praktisch durchführbar, noch theoretisch begründet und konnte daher keine technische Bedeutung gewinnen. Der Amerikaner *Cooper-Hewitt*, der Schöpfer der Quecksilberdampflampen-Industrie, benutzte Helium als Zusatzgas, um die Zündung der Leuchtröhren zu erleichtern. Ferner fanden Heliumröhren als Schwingungsanzeiger bei Versuchen mit elektrischen Wellen und in der drahtlosen Telegraphie Verwendung. Infolge seiner Annäherung an das theoretisch vollkommene Gas wurde das Helium außerdem in dem sogenannten Heliumthermometer zur Messung tiefster Temperaturen benutzt.

An eine Verwendung in größerem Maßstabe war damals noch nicht zu denken. Dies änderte sich erst nach der technischen Durchbildung der auf die Luftverflüssigung gegründeten Sauerstoff- und Stickstoffgewinnung. Die Verfahren zur Verflüssigung der Luft mittels innerer oder äußerer Arbeitsleistung (Methoden von *Linde* bzw. *Claude*) sind hinlänglich bekannt, ebenso die Rektifizierprozesse, durch welche Sauerstoff und Stickstoff als Bestandteile der tropfbar verdichteten Luft voneinander getrennt werden. Die Siedepunkte von Sauerstoff, Stickstoff und Argon sind folgende:

Sauerstoff . . .	— 180,5 ° C.
Stickstoff . . .	— 194 ° C.
Argon	— 186 ° C.

Nach Lage dieser Siedepunkte ist zu erwarten, daß die flüssige Luft erhebliche Mengen von Argon enthält. In dem daraus hergestellten technischen Sauerstoff sind bis zu 3 % dieses Edelgases enthalten. Die Linde-Gesellschaft, München, gewinnt *Argon* durch Einführung des technischen Sauerstoffs in eine Rektifizierkolonne bekannter Art mit einem durch flüssigen Stickstoff gekühlten Rückflußkühler und durch mehrfache stufenweise Wiederholung des Prozesses, wobei zuletzt ein Gemisch von Argon und Stickstoff erhalten wird, dem fast aller Sauerstoff durch die Kondensation entzogen ist. Von dieser Methode unterscheidet sich diejenige der Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron, Frankfurt a. M., dadurch, daß der zu 96 % in dem technischen Rohsauerstoff enthaltene reine Sauerstoff zur Verbrennung einer äquivalenten Menge Wasserstoff benutzt wird. Der dabei entstehende Wasserdampf wird niedergeschlagen, und es bleibt stickstoffhaltiges Argon übrig. In allen Fällen, wo man ein stickstofffreies Argon gebraucht, reinigt man es durch Überleiten über glühendes Calcium und schließlich durch Berührung mit Kalium- oder Natriumdampf unter verringertem Druck und in Gegenwart einer elektrischen Entladung (Verfahren von *Gehlhoff*).

Neon und Helium sind (vgl. Tabelle 1) die permanentesten Gase und lassen sich daher in denjenigen Teilen anreichern, die beim Luftverflüssigungsprozeß gasförmig erhalten bleiben. Der Franzose *Claude* hat einen sinnreichen Rektifizierapparat geschaffen, der es gestattet, aus vorkomprimierter Luft in einem einzigen Arbeitsgange argonhaltigen Sauerstoff, fast reinen Stickstoff und ein über 50 % Neon und Helium (im Verhältnis 3 : 1) enthaltendes Stickstoff-Edelgasgemisch zu gewinnen. Der Apparat arbeitet mit einer sinnreichen Verbindung zwischen dem bekannten Prinzip der Rektifizierkolonne und dem Claudeschen Flüssigkeitsrücklauf, wodurch aus einem aufsteigenden Gasgemisch der jeweils am leichtesten kondensierbare Bestandteil durch das ihm entgegen aus höheren Regionen herabtropfende Kondensat nach Gleichgewichtsgesetzen praktisch vollkommen herausgewaschen wird. Die nähere Beschreibung des Apparates würde hier zu weit führen.

Erst als man in der Lage war, im Anschluß an industrielle Verfahren großen Maßstabes die Edelgase in reichlichen Mengen als Nebenprodukte zu gewinnen, konnte ihre Einführung in die Technik Wirklichkeit werden. Hauptsächlich ist es die Elektrotechnik, welche aus den spezifischen Eigenschaften von Argon und Neon Nutzen zieht. Die Möglichkeit einer Verwertung von Helium, das neuerdings in Dexter (Kansas, Nordamerika) in reichen Mengen als Bestandteil von Erdgasen aufgefunden worden ist, für die Zwecke der Luftschiffahrt soll hier außer Betracht bleiben.

Ramsay, Collie und *Strutt* lenkten zuerst die Aufmerksamkeit auf *die hohe Leitfähigkeit reiner Edelgase*, welche unter Drucken bis zu mehreren Atmosphären den elektrischen Strom, auch bei größerem Elektrodenabstand, in Form eines Geißlerbogens hindurchlassen, der in unedlen Gasen, wie Wasserstoff, Sauerstoff usw. nur bei sehr geringen Drucken existenzfähig ist. Es folgten später die Untersuchungen von *Strutt* über den Kathodenfall im Helium, während *Mey* durch Hinzunahme der Alkalimetalle als Kathode Tatsachen von größter Bedeutung für die Technik erschloß. Es zeigte sich, daß der Kathodenfall der Glimmentladung an einer beispielsweise in Helium befindlichen Natriumelektrode eine Größenordnung von etwa 80 Volt hatte. Derartige Röhren konnten schon bei Spannungen, wie sie die städtischen Stromversorgungsnetze liefern, zum Aufleuchten gebracht werden. Bei Argon geht der Kathodenfall an einer Kaliumfläche sogar bis auf fast 50 Volt herunter. In diesem Zusammenhang soll noch der Untersuchungen von *Bouty* gedacht werden, der die Beziehung zwischen der kritischen Feldstärke und dem Druck des Edelgases untersuchte. Als kritische Feldstärke bezeichnet man diejenige, bei welcher eine gegebene Gasschicht durch Stoßionisation zu leuchten beginnt. Dieser Wert ist durch die sogenannte dielektrische Kohäsion bestimmt, die für Neon unter allen Gasen den kleinsten Wert hat. Er beträgt 5,6, für Luft vergleichsweise 419.

Diese bemerkenswerten Eigenschaften in Verbindung mit dem günstigen Bau des Neonspektrums, dessen Hauptlichtstrahlung in Rot und Gelb liegt, d. h. in Gebieten hoher Sehzapfenempfindlichkeit, regte die Beleuchtungstechniker zu Untersuchungen über die Brauchbarkeit von Neon für *elektrische Gaslampen* an. *Claude* ersetzte zunächst die Stickstoffüllung von Moorelichtröhren[1]) durch dieses Edelgas; später beschäf-

[1]) Das von dem Amerikaner *M. F. Moore* erfundene Beleuchtungssystem mittels Vakuumröhren, dessen Erscheinen vor etwa 15 Jahren große Hoffnungen erweckte, hat hauptsächlich infolge Montageschwierigkeiten nur begrenzte Verwendung gefunden. In Europa dürften augenblicklich nicht mehr als 100 Anlagen im Betriebe sein. Auch in Amerika gilt das Moorelicht als überlebt. Seine hygienischen Vorzüge sind aber nicht zu leugnen. Die normalen Röhren arbeiten mit Stickstoffüllung von 0,1 mm Druck und geben ein rosafarbenes Licht von etwa 1,8 W/HK. Als Speziallampe für Verwendungen, bei denen es auf tageslichtgetreue Wiedergabe aller Farben ankommt, vorwiegend in der Färberei, hat die Mooreröhre mit Kohlendioxydfüllung in Deutschland und England eine gewisse Bedeutung behalten. Sie wird meist in transportablen Kästen montiert, welche im Oberteil die vielfach gewundene, ca. 3—6 m lange, 45 mm weite Kohlensäureröhre enthalten, während im Unterteil der zur Speisung dienende Hochspannungstransformator und die Drosselspule untergebracht sind. Ähnlich wie bei der Stickstoffröhre sorgt ein automatisches, vom

tigte sich besonders *Skaupy* mit der Durchbildung von *Niederspannungs-Gleichstrombogenlampen*, die an 110- oder 220-Volt-Stromkreisen nach Art von Quecksilberdampflampen, aber mit glänzend orangerotem Licht von 0,5 Watt pro HK brennen können. Wichtig ist bei diesen Lampen vor allem das Kathodenmaterial. Während *Skaupy* Schwermetallegierungen von Natrium mit Erfolg benutzte, gelang es dem Verfasser, reines Thallium zu verwenden, wodurch die unbequeme Verarbeitung von Alkalimetallen gänzlich fortfällt. In der Öffentlichkeit dürfte diese Neonlampe heutzutage genügend bekannt sein; sie soll uns hier daher nicht weiter beschäftigen.

Eine weitere beleuchtungstechnische Verwertbarkeit des hohen Lichteffektes von Neon ergab sich aus der Notwendigkeit, den Stromverbrauch gewisser elektrischer *Lampen, die für Signal-, Kontroll-, Markierungszwecke* oder dergleichen dienen, möglichst einzuschränken. Bekanntlich kann man für direkten Anschluß an 220 Volt Glühlampen nicht unterhalb eines gewissen Wattverbrauchs herstellen, da die Haltbarkeit beliebig dünner Drähte nicht gewährleistet wäre. Hier bietet in allen solchen Fällen, wo es sich nicht um die Beleuchtung von Flächen oder Räumen, sondern nur um ein direkt mit dem Auge wahrzunehmendes Lichtzeichen handelt, die *Glimmlampe* einen Ersatz. Sie beruht auf einer elektrischen Glimmentladung zwischen Eisenelektroden in verdünntem Neon-Helium von etwa 8—10 mm Druck. Es wird dabei praktisch nur von dem sogenannten negativen Glimmlicht Gebrauch gemacht, das die gesamte Kathodenfläche in sehr geringem Abstand (Dunkelraumbreite) umgibt. *Das Gleichstrommodell der Glimmlampe* zeigt die *Fig. 1*; hier hat die Kathode die Form eines halbkugelförmigen, polierten Eisenbleches, neben welchem die drahtförmige Anode sichtbar ist. Beim *Wechselstrommodell* (*Fig. 2*) sieht man einen spiralförmig gebogenen Eisendraht einer flachen Scheibe aus Eisenblech gegenüberstehen. Dabei leuchten während einer Periode des Wechselstroms abwechselnd beide Elektroden. Die Anordnung wurde gewählt, damit in derjenigen Richtung, aus welcher die Lampe hauptsächlich betrachtet wird, sich die den beiden Wechselstromphasen entsprechenden Lichtbilder der Elektroden im Auge decken und somit größere Ruhe des Lichtes erzielt wird. Eine *für Reklamezwecke* vielfach gebrauchte Ausführung mit einer

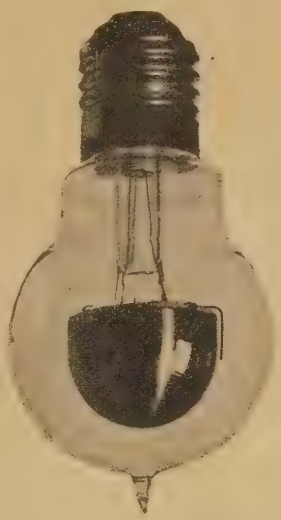


Fig. 1 und 2. Glimmlampe (Neon-Helium)
für Gleichstrom für Wechselstrom

Kathode in Form von Buchstaben, Ziffern oder beliebigen anderen Zeichen zeigt die dritte Abbildung. Man kann aus derartigen Lampen ganze Schriftzüge zusammenstellen. Während der normale Verbrauch der Glimmlampen nach Fig. 1 und 2 etwa 4—5 Watt beträgt, ist der Durchschnittsverbrauch der *Buchstabenlampe* nach

Fig. 3. Glimmlampe mit Kathode in Buchstabenform (für Reklamezwecke).

Fig. 3 nur 2—3 Watt. Ein im Sockel der Lampe untergebrachter Sicherheitswiderstand schützt sie gegen Überspannungen. Hauptsächlich wird die Glimmlampe für 220 Volt hergestellt, da dies die verbreitetste Lichtspannung ist; neuerdings sind jedoch auch Lampen für 110 und 120 Volt ausgebildet worden.

Primärstrom gesteuertes Speiseventil für die Nachlieferung des in der Röhre okkludierten Füllgases. Der spezifische Wattverbrauch dieser Röhre ist verhältnismäßig hoch (je nach Länge 5—10 W/HK); ihre spektrale Intensitätsverteilung entspricht ziemlich gut derjenigen des zerstreuten Tageslichtes (vergl. die diesbezügliche Untersuchung von *P. Ritter* von Schrott, Zeitschrift für wissenschaftliche Photographie 1912, Heft 1).

Durch Anwendung von Neon in der Mooreröhre erreichte *Claude*:

1. einen geringeren Spannungsbedarf,
2. höheren Wirkungsgrad (etwa 3/4 W/HK),
3. Fortfall des Speiseventils bei Anwendung von Elektroden mit sehr großer Oberfläche, wobei die Okklusion des Neons verschwindend klein wird.

Die Claudeschen Neonröhren wurden in Frankreich vielfach für dekorative Zwecke benutzt.

Die Anwendbarkeit der Glimmlampe ist eine äußerst vielseitige. Abgesehen von ihrer Eignung für Reklamezwecke, bei Feuermeldern, Telephonzellen, Hochspannungsanlagen und dergleichen, ferner als hygienisch vorteilhafte, blendungsfreie Nachtlampe in Schlafzimmern, Krankensälen usw., liegt ihre *Hauptanwendung auf dem Gebiet der Schaltungstechnik.* Als Spannungslampe wird sie daher auf Schalttafeln in elektrischen Zentralen oder Unterstationen benutzt, u. a. in den Betrieben der Post, Telegraphie und im Eisenbahnsignalwesen. Hier wird vielfach von der Eigentümlichkeit der Gasentladungsröhren Gebrauch gemacht, überhaupt nur oberhalb einer gewissen Spannung stromdurchlässig zu sein, ferner von besonderen Eigenschaften, wie z. B. Entladeverzug. Zur Veranschaulichung der-

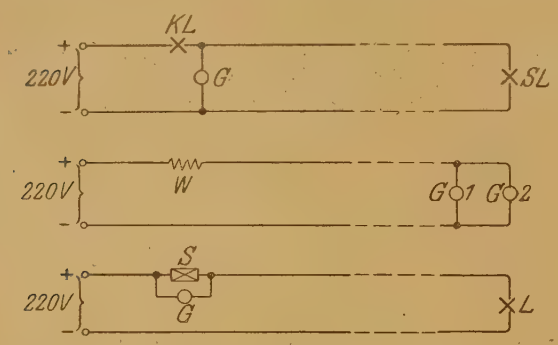


Fig. 4. Drei Schaltungen der Glimmlampe für Kontrollzwecke.

artiger Anwendungen sind in *Fig. 4 drei charakteristische Schaltungen* angegeben. Die oberste bezieht sich auf eine bei Signalbeleuchtung, z. B. im Bahnbetriebe, gebräuchliche Anordnung. Die an irgendeinem, beliebig entfernten Punkte brennende Signalglühlampe *SL* ist mit der Überwachungsglühlampe *KL* hintereinander geschaltet, um an deren Leuchten das Funktionieren von *SL* zu erkennen. Dies ist soweit bekannt. Hierbei wird jedoch oft irrtümlicherweise ein Defekt bei *SL* gesucht, der in Wirklichkeit bei *KL* vorhanden ist. In beiden Fällen tritt nämlich gleicherweise Dunkelheit ein. Um nun beide Möglichkeiten zu unterscheiden, ist die Glimmlampe *G* dazugefügt. Normalerweise erhält diese Lampe keinen Strom, da der durch *KL* hervorgebrachte Spannungsabfall genügt, um die an den Klemmen von *G* herrschende Spannung unter den Wert ihrer Zündspannung herabzudrücken. Versagt aber *SL*, so leuchtet *G* sofort auf und zeigt dadurch an, daß *KL* in Ordnung ist, da ja *KL* und *G* in Reihe sind. Man erkennt also sofort mit Sicherheit, daß der Defekt bei *SL* und nicht bei *KL* zu suchen ist. Liegt er bei *KL*, so leuchtet keine der Lampen. Das Ergebnis ist mithin in jedem Falle eindeutig. Die zweite Schaltung der Fig. 4 beruht darauf, daß zwei Glimmlampen G_1 und G_2, an eine gegebene Netzspannung angeschlossen, niemals gleichzeitig zünden, sondern daß ein äußerst kleiner Entladeverzug vorhanden ist. Schaltet man die im Nebenschluß zueinander befindlichen Lampen in Reihe mit einem gemeinschaftlichen Vorschaltwiderstand *W*, so wird diejenige Glimmlampe, welche zuerst anspricht, vermittels des durch den Strom in *W* hervorgebrachten Spannungsabfalls das Potential an den Klemmen der zweiten Glimmlampe soweit erniedrigen, daß letztere nicht mehr zünden kann. Es wird also nur eine der beiden Lampen zum Brennen kommen. Versagt diese aber aus irgendeinem Grunde, so tritt sofort die volle Spannung an den Klemmen der zweiten auf und zündet sie. In Fällen, wo unbedingte Gewähr für das Brennen einer Überwachungslampe bestehen muß, man andererseits aber nicht den Stromverbrauch von zwei Lampen in Kauf nehmen will, ist die beschriebene Schaltung ihrer hohen Betriebssicherheit wegen (weil Relais, Umschalter und dergl. gänzlich fortfallen) sehr angebracht. Die dritte Anordnung der Fig. 4 zeigt die Kontrolle einer Schmelzsicherung *S* in irgendeinem Verbrauchsstromkreis. Im Nebenschluß zum Schmelzstreifen *S* liegt die Glimmlampe *G* und wird normalerweise durch ihn kurzgeschlossen. Schmilzt er aber durch, so liegt sofort die volle Spannung an der Glimmlampe, und diese leuchtet auf, wodurch die beschädigte Sicherung unter einer Mehrzahl sofort herausgefunden werden kann.

Weitere Anwendung hat die Glimmentladung in Form kleiner Kapillarröhrchen, ähnlich den bekannten Spektralröhren für Laboratoriumsgebrauch, bei Hochspannungsanzeigern gefunden. Man benutzt derartige Anzeiger, um festzustellen, ob Leitungen unter Spannung stehen. Die in Reihe mit zwei Schutzkondensatoren geschaltete Neonröhre wird beim Anlegen an die zu prüfende Leitung durch einen Verschiebungsstrom zum Leuchten gebracht, welcher von der Hochspannungsleitung durch die Kondensatoren und die Röhre zur Erde fließt.

Während die Fähigkeit, unter dem Einfluß der Entladung in wirtschaftlich ausnutzbarer Weise Licht auszustrahlen, eine individuelle Eigenschaft des betreffenden Gases ist, weil sie von dem Bau seines Spektrums abhängt, ist *allen* Edelgasen die hohe elektrische Leitfähigkeit gemeinsam, und zwar steigt sie mit dem Atomgewicht an, so daß Helium am schlechtesten, Xenon am besten leitet. Das Niton, die Radiumemanation, soll hier außer Betracht bleiben. Da Krypton und Xenon infolge ihrer Seltenheit der technischen Anwendung vorläufig noch unzugänglich sind, so wird man in allen denjenigen Fällen, wo es sich um möglichst hohe Leitfähigkeit handelt, d. h. ein niedriger Potentialgradient, kleiner Anoden- und Kathodenfall sowie hohe Stromdurchlässigkeit gefordert werden, in der Regel *Argon* verwenden. Dies gilt in erster Linie für *Edelgasgleichrichter.*

In dem Maße, wie die Verbreitung des Wechselstroms und Drehstroms zunimmt, wird zum Laden von Sammlerbatterien und für alle anderen Fälle, wo eine Gleichstromquelle unerläßlich ist, das Bedürfnis nach einfachen Gleichrichtern immer dringender. Weil nun alle beweglichen Teile fortfallen, haben hier die auf Gasentladungen beruhenden Gleichrichter große Aussichten. Man kann die bisher mit Hilfe von Argon oder Neon hergestellten Röhrengleichrichter nach der Größe ihrer Leistung unterscheiden. Überall dort, wo sehr lange Ladezeiten möglich sind und demnach nur mäßige Stromstärken in Betracht kommen, wie z. B. im Fernsprechbetriebe, hat sich bereits der Glimmlicht-Gleichrichter der Julius Pintsch-Aktiengesellschaft gut eingeführt. Er beruht auf einer *Glimmentladung* und erzeugt eine dem Wechselstrom übergelagerte Gleichstromkomponente dadurch, daß Elektroden von sehr verschiedener Oberfläche vorgesehen sind. Es leuchtet ein, daß dann in derjenigen Phase, in welcher die großflächige Elektrode Kathode ist, ein weit stärkerer Strom hindurchgelassen wird als umgekehrt. Einen *Glimmlicht-Gleichrichter für 220 Volt* zeigt *Fig. 5*. Man erkennt in einem zylindrischen Glaskolben die konzentrisch zur Röhre angeordnete Blechelektrode, in deren Innerem die Gegenelektrode (Anode) gut isoliert untergebracht ist. Für Spannungen von 100—150 Volt wird der Glimmlicht-Gleichrichter in etwas anderer Form hergestellt, da hierfür, unter Beibehaltung der Eisenanode, eine Alkalimetallegierung als großflächige Kathode in Gebrauch ist, also für beide Elektroden Stoffe von verschiedenem Kathodenfall. Zur Füllung dienen Argon von 3 mm oder Neon von 8 mm Druck. *Die Schaltung* zeigt *Fig. 6*. Zwischen den Wechselstromklemmen sind der Gleichrichter *G* und die Batterie *B* mit dem einstellbaren Widerstand *W* in Reihe eingeschaltet. Die großflächige Elektrode *K* ist dabei mit dem positiven Pol der Sammlerbatterie verbunden. Der große Vorteil dieser Art von Gleichrichtern, deren Stromdurchlässigkeit und Wirkungsgrad allerdings begrenzt sind, liegt darin, daß sie wie Glühlampen mittels Gewindesockels in normale Fassungen eingeschraubt werden können, beim Einschalten der Netzspannung ohne weiteres in Gang kommen und mit großer Betriebssicherheit und Lebensdauer arbeiten. Transformatoren oder andere kostspielige Zusatzapparate fallen fort. Das normale Modell ist für eine Gleichstromleistung von 0,2 Ampere, gemessen mit einem Drehspulinstrument, eingerichtet.

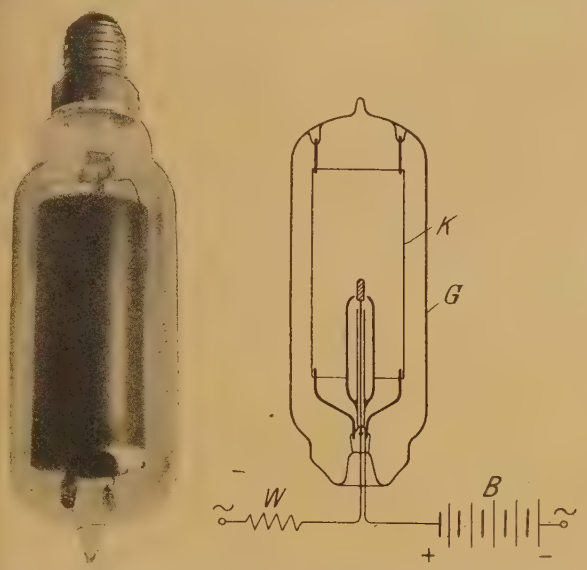


Fig. 5 und 6. Glimmlichtgleichrichter (Argon) für 220 Volt und einphasige Schaltung. Gleichstromleistung bis 0,2 Amp.

Die beschriebene Schaltung des Edelgas-Glimmlicht-Gleichrichters ist die sogenannte „einphasige". Er kann aber auch zweiphasig, d. h. mit Ausnutzung beider Wellen des Wechselstroms gebaut werden, indem zwei Anoden vorgesehen sind, die mit den beiden Sekundärklemmen einer Transformatorwicklung verbunden werden, während die gemeinschaftliche Kathode der Röhre unter Dazwischenschaltung des Gleichstromverbrauchers an den Mittelpunkt des Transformators gelegt ist. Fig. 7 zeigt die Anwendung von *vier Glimmlicht-Gleichrichtern* R_1, R_2, R_3, R_4 in der bekannten Graetzschen Ventilzellenschaltung. *B* bezeichnet die Batterie, *W* den Strombegrenzungswiderstand, *a*, *b*, sind die Anschlußklemmen des Wechselstromnetzes. Man kann damit bei 220-Volt-Wechselstromanschluß mit Hilfe *argongefüllter* Glimmlicht-Gleichrichter, *ohne Transformator* und *unter Ausnutzung beider Phasen des Wechselstromes*, Gleichstrom erzeugen.

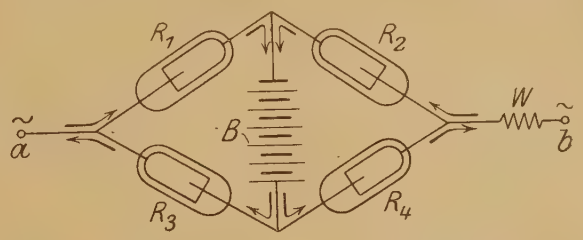


Fig. 7. Schaltung von 4 Glimmlichtgleichrichtern zur Ausnutzung beider Phasen des Wechselstromes.

Für höhere Stromstärken, etwa zwischen 0,5 und 3 Ampere (ein Gebiet, das den Quecksilberdampfgleichrichtern bis vor kurzem verschlossen war, da man unterhalb etwa 3 Ampere keine stabilen Lichtbögen an Quecksilberkathoden erzeugen konnte), eignet sich der Bogengleichrichter mit Argonfüllung der Studiengesellschaft für elektrische Leuchtröhren. Seine Schaltung ist in Fig. 8 wiedergegeben. An dem Wechselstromnetz *N* liegt ein Spartransformator *T* bekannter Art, mit dessen Sekundärklemmen die beiden Anoden A_1 und A_2 des Gleichrichtergefäßes verbunden sind. Das Kathodenmaterial befindet sich den Anoden gegenüber in einem eigenartig gestalteten Schutzeinbau und besteht aus einer Alkali-

metallegierung. Von der gemeinschaftlichen Kathode führt die Leitung durch eine Zündspule *Z*, eine Drosselspule *D* und die zu ladende Batterie *B* zur Mitte des Spartransformators. Die Zündspule *Z* betätigt beim Einschalten einen Vakuumunterbrecher bekannter Art, durch welchen die Entladung gezündet wird. Wir haben hier also einen Gleichrichter in bekannter Zweiphasenschaltung, der sich von den Quecksilberdampfgleichrichtern dadurch vorteilhaft unterscheidet, daß er zum Zwecke der Zündung nicht gekippt zu werden braucht und transportsicherer ist. Der Lichtbogen ist *bis zu etwa 0,5 Ampere herunter* stabil. Inwieweit der mit reinem Quecksilber arbeitende Lichtbogen-Gleichrichter, der neuerdings für beliebige Stromentnahme unter Ausnutzung einer Hilfsentladung durchgebildet worden ist,

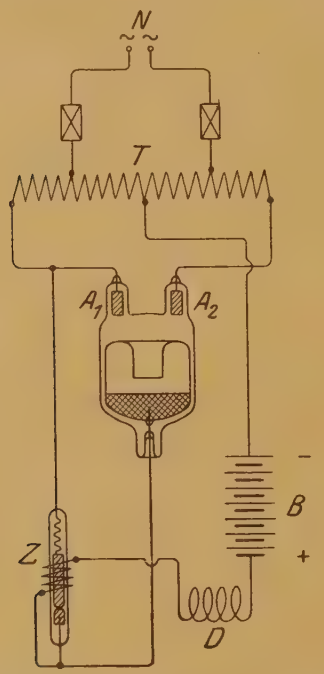


Fig. 8. Zweiphasiger Argongleichrichter für Gleichstromleistung zwischen 0,5 und 3 Amp.

mit dem beschriebenen Argongleichrichter in Wettbewerb treten kann, bleibt abzuwarten.

Ersetzen wir in der Fig. 8 die Alkalimetallkathode durch eine Wehneltsche Glühkathode, z. B. ein mit Calciumoxyd überzogenes Platin-Iridium-Band, welches durch eine Hilfsstromquelle (Heizwicklung des Transformators) zur Glut gebracht wird und dabei einen starken Elektronenstrom aussendet, so gewinnen wir das Modell des edelgasgefüllten Wehnelt-Gleichrichters, der *für Stromstärken bis zu 30 Ampere* von der Akkumulatorenfabrik Aktiengesellschaft, Berlin, fabriziert wird. Die Argonfüllung dieser Röhren ist gegenüber unedlen Gasen vorteilhaft, weil sie weniger der Okklusion unterliegt und daher eine höhere Lebensdauer zu erzielen gestattet.

Abgesehen von der Gleichrichterwirkung können Edelgasröhren in Gleichstromkreisen noch eine andere Art von Ventilwirkung, die sogenannte *Reduktorwirkung*, ausüben. Während der Gleichrichter in der Mechanik einem Pumpenventil entspricht, das nur in einer Richtung des Gas- oder Wasserstromes sich öffnet, in der anderen dagegen sperrt, gleicht die Reduktorröhre mit Glimmentladung einem *Gasdruckreduzierventil*. Infolge ihrer Eigentümlichkeit, einen von der Stärke Null verschiedenen Strom nur oberhalb einer gewissen, ziemlich hohen Mini-

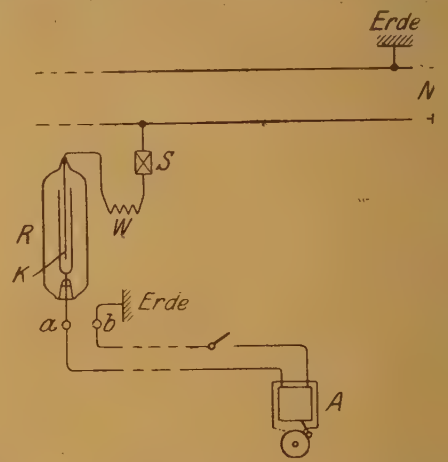


Fig. 9. Zur sogenannten Reduktorwirkung der Edelgasröhren.

malspannung durchzulassen, drosselt sie von der Netzspannung den größten Teil ab, so daß für Schwachstromverbraucher, die in Reihe mit einer derartigen Röhre an ein Starkstromnetz gelegt werden, ein reduzierter, unbedenklicher Spannungsbetrag übrig bleibt. Derartige Röhren haben daher mit Vorteil Verwendung gefunden, um beispielsweise Wecker od. dergl. aus dem Kraftstromnetz zu speisen. Eine einfache Schaltung zeigt Fig. 9. An ein Starkstromnetz *N* von beispielsweise 220 Volt, dessen einer Leiter geerdet ist, ist in Reihe mit einer Schmelzsiche-

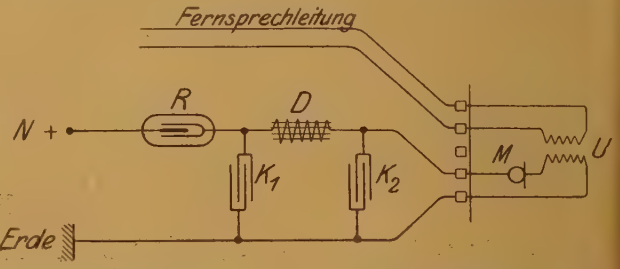


Fig. 10. Anwendung der Reduktorwirkung in der Fernsprechtechnik.

rung *S* und einem Sicherheitswiderstand *W* die Edelgasröhre *R* angeschlossen. Die Kathode *K* ist mit der Schwachstromklemme *a* verbunden, während die Schwachstromklemme *b* an die neutrale Erde gelegt wird. *A* bedeutet einen Wecker. Wird dieser eingeschaltet, so entnimmt er den Betriebsstrom durch die Röhre hindurch unmittelbar aus dem Starkstromnetz; dabei wirkt diese wie ein Spannungsreduzierventil. Sie läßt zwischen den Klemmen *a* und *b* keinerlei bedenk-

liche Spannungen aufkommen und äußert gegenüber der Funkenbildung an den Unterbrecherkontakten des Weckers eine Art Löschwirkung, so daß die Abnutzung dieser Kontakte merklich geringer ist, als wenn der Wecker etwa mit einer gewöhnlichen Batterie von geringer Spannung betrieben würde. Elektrische Schläge beim Berühren blanker Teile sind völlig ausgeschlossen; bei Kurzschluß erreicht der Strom einen unschädlichen Maximalwert, wobei die Röhre durch ihr helles Leuchten den Fehler anzeigt. Die Anwendung dieses Prinzips zur Speisung von Mikrophonstromkreisen zeigt Fig. 10. *R* bedeutet wiederum die Röhre, *M* das Mikrophon und *U* die Induktionsspule (Übertrager), durch welche die von dem Mikrophon erzeugten Stromschwankungen auf die Fernsprechleitung übertragen werden. Zur Beseitigung der Maschinengeräusche sind eine Drosselspule *D* und 2 Kondensatoren K_1 und K_2 in der gezeichneten Weise eingeschaltet. Derartige Apparate sind im Fernsprechbetriebe bereits mit Erfolg in Gebrauch.

Eine weitere technische Anwendung der hohen Leitfähigkeit des Argons und des geringen Kathodenfalls der Alkalimetalle in Edelgasen findet in den sogenannten *Luftleersicherungen* statt. Dies sind kleine Vakuumröhren, die schon seit langer Zeit zur Sicherung von Fernsprechleitungen gegen Überspannungen dienen, welche auf den Drähten durch allerhand Einflüsse, wie atmosphärische Entladungen, durch Hochspannungsleitungen usw., induziert werden. Diese Überspannungen sind für die Isolation der auf den Ämtern befindlichen Apparate sowie für das Bedienungspersonal gefährlich, da sie gesundheitsschädliche Knallwirkungen im Fernhörer hervorrufen. Es hat sich nun das Bedürfnis herausgestellt, derartige Röhrensicherungen schon mit möglichst geringen Spannungen zum Ansprechen zu bringen und eine möglichst hohe Leitfähigkeit in ihnen zu erzielen. Dieses wurde durch die Anwendung der Edelgase in Verbindung mit Alkalimetallelektroden erreicht.

Während die vorstehend beschriebenen Anwendungen des Argons auf seiner elektrischen Leitfähigkeit beruhen, bedient man sich bei den neueren gasgefüllten Glühlampen mit spiralförmig aufgewickeltem Wolframglühkörper seines *geringen Wärmeleitvermögens*. Bekanntlich hat die Gasfüllung derartiger Lampen den Zweck, die im Vakuum zu schnell vor sich gehende Verflüchtigung des hoch erhitzten Leuchtkörpermetalls zu verlangsamen. Es kommt dabei jedoch darauf an, daß dem Glühdraht durch Konvektion und Ableitung möglichst wenig Wärme entzogen wird. Während man nun bei den *Halbwattlampen* höherer Kerzenstärken immer noch reinen Stickstoff verwendet, ist man *bei den kleineren Einheiten* zu Argon übergegangen, dessen Wärmeleitfähigkeit merklich geringer als bei Stickstoff ist. Ein kleiner Zusatz von Stickstoff ist allerdings mit Rücksicht darauf erforderlich, daß bei gänzlich reinem Argon infolge seiner geringen dielektrischen Festigkeit leicht Durchschläge zwischen den inneren Elektrodenzuleitungen stattfinden könnten.

Die vorstehend angeführten technischen Anwendungen der Edelgase erschöpfen zwar nicht deren vielseitige, in dauernder Ausgestaltung begriffene Verwertbarkeit, die nach Jahren einmal einen besonderen Zweig der Elektrotechnik für sich begründen wird, aber das Mitgeteilte dürfte genügen, um zu zeigen, daß die Technik es auch hier verstanden hat, die jüngsten Fortschritte der wissenschaftlichen Erkenntnis sich zu eigen zu machen.

Besprechungen.

Föppl, A. u. L., Drang und Zwang, eine höhere Festigkeitslehre für Ingenieure. I. Bd. München und Berlin, R. Oldenbourg, 1920. XII, 328 S. und 59 Abb. Preis geh. M. 30,—, geb. M. 32,— zuzüglich Teuerungszuschlag.

Wenn man die Elastizitätstheorie nach dem Vorschlage der Herren *Föppl* (Vater und Sohn) bezeichnet als die Lehre von Drang und Zwang (in guter Übersetzung des englischen stress and strain), so bringt man von vornherein klar zum Ausdrucke, daß die Festigkeitslehre *zwei* Aufgaben zu lösen hat: die Ermittlung der elastischen Formänderung eines Körpers und die Beschreibung des in ihm herrschenden Spannungszustandes, zwei Aufgaben, die manchmal in Konflikt miteinander geraten und häufig sehr verschiedenwertig behandelt werden.

Schon der Titel des neuen Buches verspricht, daß diese beiden Aufgaben in harmonisches Gleichgewicht zueinander gesetzt werden sollen. Wer den jetzt vorliegenden ersten Band (dem der zweite, wie wir hören, rasch folgen wird) auch nur ganz flüchtig durchblättert, der gewinnt sofort den Eindruck, daß es sich hier um ein Werk von scharf ausgeprägter Eigenart handelt, welches hochgesteckte didaktische und wissenschaftliche Ziele zu vereinigen strebt. Wer tiefer in das Studium des Buches eindringt, der wird diesen ersten Eindruck in allen seinen Teilen bestätigt finden und mit Genugtuung und aufrichtiger Bewunderung anerkennen, daß die Verbindung beider Ziele vorzüglich gelungen ist. Die reiche pädagogische Erfahrung, welche sich ja in allen Büchern des älteren der beiden Verfasser wiederspiegelt, wird — wohl hauptsächlich durch die Mitarbeit des jüngeren Verfassers — in glücklicher Weise ergänzt durch eine wissenschaftliche Gründlichkeit, die einerseits vor keiner mathematischen Schwierigkeit zurückschreckt, andererseits nach peinlichster Strenge und Sauberkeit aller Beweisführungen strebt und, wo eine solche nach dem derzeitigen Stande der Wissenschaft noch nicht möglich ist, das auch ganz offen zugibt. Diese Offenheit berührt ungemein wohltuend; sie muß dem Ingenieur, für den das Buch in erster Linie bestimmt ist, um so willkommener sein, als sie ihm deutlich die Grenzen zeigt, die der Anwendung der Elastizitätstheorie auf die Wirklichkeit gezogen sind. Die mannigfachen Widersprüche zwischen Rechnung und Versuch, welche selbst bei ganz einfachen Problemen der Festigkeits-

lehre bekannt geworden sind, haben der Theorie namentlich in den Augen vieler Ingenieure stark Abbruch getan. Es dürfte schon als *ein* Erfolg des Buches zu verzeichnen sein, wenn es kraft der Autorität, die der ältere Verfasser in den Kreisen der Ingenieure unstreitig besitzt, gelänge, das Vertrauen in die Theorie wieder zu heben.

Überzeugend wird in dem Buche gezeigt, daß die Schuld an jenen Widersprüchen nur selten auf *die* Tatsache fällt, daß man mangels einer strengen Lösung zu mitunter sehr rohen Näherungsverfahren seine Zuflucht zu nehmen pflegt, sondern eigentlich immer auf die Voraussetzungen, welche die Theorie notgedrungen machen muß, um überhaupt rechnen zu können, und die von manchen Stoffen eben einfach nicht erfüllt werden. Derlei Voraussetzungen sind ursprünglich oft tief versteckt, und um sie herauszuschälen, bedarf es dann einer großen Unvoreingenommenheit schon bei der Erörterung der Anfangsgründe der Theorie. Wenn also die Verfasser beim Leser zwar die Methoden der elementaren Festigkeitslehre als bekannt ansehen, so verweilen sie doch mit vollem Recht ausführlich gerade bei den Grundbegriffen. Deren klare Bestimmung sowie die häufig wiederholte Formulierung der daraus folgenden Voraussetzungen bilden den sicheren Grund, auf dem die Verfasser aufbauen, so oft sie eines jener Probleme in Angriff nehmen. Daran schließt sich dann in der Regel eine sorgfältige Kritik der Methode und zuletzt ein Ausblick auf die Möglichkeiten, die einer Fortsetzung der Theorie geboten sind. Natürlich ist ein nicht unerheblicher Teil der Entwickelungen neu und als geistiges Eigentum der Verfasser anzusprechen.

Der erste Band behandelt die allgemeinen Grundlagen, die Formänderungsarbeit, die Theorie der Platten und der Scheiben, deren Definition sehr allgemein gefaßt ist (der zweite Band soll dann die Schalen, die Drehfestigkeit, die Umdrehungskörper, die Härte, die Eigenspannungen und die Knickung bringen), und es möge nur, als auf besonders gut gelungene Abschnitte, hingewiesen sein auf die Darlegungen über die Bruchgefahr, die Anwendungen des Prinzips der virtuellen Geschwindigkeiten auf die Festigkeitslehre, die Stabilität des Gleichgewichts, den Satz vom Minimum der Formänderungsarbeit, das neuerdings so wichtig gewordene Verfahren von Ritz, den Vergleich verschiedener Näherungslösungen für die rechteckige Platte, die Beanspruchung der Platte durch Einzellasten, die Airysche Spannungsfunktion und die Anwendung der komplexen Integration auf ebene Spannungszustände.

Wer die starke Wirkung kennt, die von den Föpplschen „Vorlesungen über technische Mechanik" hinsichtlich der Verbreitung der Vektormethoden ausgegangen ist, der möchte vielleicht nur dies eine bedauern, daß in dem vorliegenden Buche kein Gebrauch gemacht worden ist von den Elementen der Affinorrechnung, die gerade für die anschauliche Darlegung des Zusammenhanges zwischen Drang und Zwang ein didaktisches Hilfsmittel allerersten Ranges zu werden berufen ist. *R. Grammel, Stuttgart.*

Grimsehl, E., Lehrbuch der Physik. Bd. I. 4. Auflage. Leipzig, B. G. Teubner, 1920. XVI, 1011 S. 1049 Textfiguren, 2 Tafeln und 1 Bildnis. Preis geh. M. 16,50, geb. M. 18,60 + T.

Die vierte Auflage des Grimsehlschen Lehrbuchs, herausgegeben von Prof. *Hillers* (Hamburg) unter Mitarbeit von Prof. *Starke* (Aachen), ist die erste nach dem Tode des Verfassers. Der Herausgeber hat der bedeutsamen Entwicklung der Physik in den letzten Jahren dadurch Rechnung getragen, daß er den in der Neuzeit in den Vordergrund getretenen Theorien (z. B. statistische Mechanik, Quantentheorie) eine eingehendere Behandlung hat zuteil werden lassen. Um den Umfang des Buches nicht wesentlich vermehren zu müssen, sind dafür einige Kapitel rein technischen Inhalts unterdrückt worden. In der Hauptsache wurde aber die Grimsehlsche Darstellung beibehalten.

Der Wert dieses Buches ist ein doppelter. Einmal wird es der Anfänger sicher mit Erfolg gebrauchen; denn die physikalischen Vorgänge und Gesetze sind in einfacher und leicht faßbarer Form vorgetragen und fast alle an einigen praktischen Beispielen erläutert. Eine reiche Fülle von Abbildungen machen dem Leser die einzelnen Vorgänge sowie viele Apparate besonders anschaulich. Da von der höheren Mathematik (Differential- und Integralrechnung) nur mäßiger Gebrauch gemacht wurde, kann auch ein Anfänger den meisten Rechnungen ohne große Mühe folgen.

Ein besonderer Vorzug des Buches ist sodann darin zu finden, daß es eine kurze Übersicht über viele praktisch-technische Anwendungen der physikalischen Gesetze bietet. Viele Studierende der Physik und der Naturwissenschaft überhaupt, die sich für die praktischen Anwendungen der Physik interessieren, können sich aus Lehrbüchern nur selten Kenntnis davon verschaffen; denn in den meisten Büchern ist diese Materie etwas vernachlässigt. Sie sind also auf Spezialwerke angewiesen, deren Durcharbeitung zeitraubend ist. Hier füllt das Grimsehlsche Lehrbuch eine Lücke aus. Es mögen dafür einige Beispiele hervorgehoben sein.

Dem Kapitel, das über die Flüssigkeiten handelt, sind einige Paragraphen über Wasserräder und Wasserturbinen angefügt. Nach einer kurzen Erläuterung ihrer Hauptbestandteile werden dem Leser die wichtigsten Typen und ihre Unterschiede dargelegt. Im Anschluß ferner an die beiden Hauptsätze der Thermodynamik sind vier Hauptarten der kalorischen Maschinen behandelt; die Heißluftmaschine, der Explosionsmotor, die Kolbendampfmaschine und die Dampfturbine. Ferner möchte ich das besonders schöne Kapitel über die geometrische Optik erwähnen. Es werden dort unter anderem die verschiedenen Gesetze der Abbildungen durch Kugelflächen und Linsen abgeleitet. Die Unschärfe der optischen Bilder infolge Aberration, Astigmatismus und Verzeichnung durch Blendenwirkung werden genau erörtert und diese Erscheinungen durch eine große Zahl guter photographischer Abbildungen auch zur Anschauung gebracht. —

Auf theoretischem Gebiet ist, wie schon erwähnt, die statistische Mechanik in stärkerem Maße berücksichtigt. Wir finden die Ableitung des Maxwellschen Gesetzes der Geschwindigkeitsverteilung. Im Anschluß an die Erwähnung der Boltzmannschen Beziehung zwischen Entropie und thermodynamischer Wahrscheinlichkeit sind die Grundlagen der Quantentheorie kurz dargelegt und letztere sodann später bei Behandlung der Strahlungstheorie näher erörtert.

Während also einige der in neuerer Zeit besonders wichtig gewordenen Theorien die in einem solchen zusammenfassenden Buche mögliche Behandlung

erfahren haben, sind gewisse andere Fundamentalprinzipien freilich etwas stiefmütterlich behandelt. Die Ausführungen z. B. über den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, der doch für weite Gebiete der Physik und Chemie von größter Bedeutung ist, hätten etwas eingehender sein können. Das wichtige Theorem von *Nernst* wird überhaupt nur nebenbei auf drei Zeilen erwähnt. Wo in einem solchen Buche auf manche Gesetze nicht genauer eingegangen werden kann, pflegen sonst dem Leser Hinweise auf die einschlägige Literatur das Studium wesentlich zu erleichtern. Diese Literaturangaben, welche in dem vorliegenden Buche leider vollkommen fehlen, würden vielen Lesern erwünscht sein.

Zum Schluß seien noch die Kapitel über Wetterkunde und die physiologische Optik als besonders gelungen hervorgehoben.

Hartmut Kallmann, Berlin-Westend.

Valentiner, Siegfried, Die Grundlagen der Quantentheorie in elementarer Darstellung. Zweite, erweiterte Auflage. Braunschweig, Fr. Vieweg und Sohn, 1919. X, 92 S. und 8 Abbild. Preis M. 3,60 + Teuerungszuschlag.

Die erste Auflage des kleinen Buches von *Valentiner* (aus dem Jahre 1914) ist in dieser Zeitschrift (3. Jahrgang, S. 248, 1915) schon besprochen worden. Die jetzt vorliegende zweite Auflage zeigt, gegenüber der ersten, verschiedene Erweiterungen, die durch die Fortschritte der Quantentheorie in den verflossenen Jahren nötig geworden sind. Vor allem sind die Bohrsche und die Sommerfeldsche Theorie der Spektrallinien, die das Vertrauen in die Quantentheorie in so ungeahnter Weise stärkten, in einem besonderen Kapitel kurz geschildert; ebenso die daran anknüpfende Erweiterung der Quantentheorie für Gebilde von mehreren Freiheitsgraden. Auch sonst ist die Schrift durch mancherlei Zusätze ergänzt; so ist z. B. die elegante und bedeutsame Ableitung des Planckschen Strahlungsgesetzes durch *Einstein* (mit Hilfe Bohrscher Atome) beigefügt.

Zweifellos ist es ratsam — trotz der „elementaren Darstellung", die sich, nach des Verfassers Meinung, darauf beschränken soll, „mit möglichst einfachen Mitteln den Gedankengang der Entwicklung des zu behandelnden Stoffes und die Resultate mitzuteilen" —, schwierige, prinzipielle Theorien, wie z. B. *Plancks* Struktur des Phasenraums, durch Beispiele zu erläutern (Quantelung der Keplerbewegung). Doch scheint es mir gut, dann auch das betreffende Beispiel *vollständig*, mit allen Zwischenrechnungen, durchzuführen. Eine nur halbe Auseinandersetzung, wie sie hier gegeben ist, trägt meines Erachtens nicht zur Klärung bei.

Einige leicht korrigierbare Einzelheiten, die mir bei der Lektüre auffielen, seien hier noch erwähnt:

1. Auf S. 12 [Formel (6) und (7)] sind die Konsequenzen des Wienschen Verschiebungsgesetzes mit Benutzung der Wellenlänge λ formuliert; es wäre daher besser, auch in der Hauptform des Verschiebungsgesetzes [S. 11, Formel (5)] die Wellenlänge λ, statt der Schwingungszahl ν, zu bevorzugen. Man erkennt dann den Zusammenhang der verschiedenen Formeln leichter.

2. Bei der Formulierung der ersten Bohrschen Annahme (diskrete Impulsmomente) auf S. 87 wäre es meines Erachtens ratsam, darauf hinzuweisen, daß diese Annahme mit der Planck-Sommerfeldschen Quantenbedingung identisch ist.

3. Aus der Darstellung der Rydbergschen Konstanten N_∞ [auf S. 90, Formel (35)] geht hervor, daß die Größe ν in der darüberstehenden Formel die „Wellenzahl" $\frac{1}{\lambda}$, und *nicht* die „Schwingungszahl" $\frac{c}{\lambda}$ ist. Dies sollte betont werden. *F. Reiche, Berlin.*

March, Arthur, Theorie der Strahlung und der Quanten. Leipzig, Joh. Ambrosius Barth, 1919. VII, 182 S. und 36 Abbild. Preis geh. M. 12,—, geb. M. 14,—.

Während einzelne Spezialgebiete der Quantentheorie, wie die Wärmestrahlung und die Spektrallinientheorie, uns in meisterhaften Darstellungen vorliegen, ist die physikalische Literatur an zusammenfassenden Berichten über die gesamte Quantenlehre noch recht arm. Daher ist das Buch von *March* mit Freude zu begrüßen. Denn hier wird vor allem dem Studierenden eine übersichtliche und leichte Einführung in das weitverzweigte Gebiet der Quanten geboten, die ihm beim tieferen Studium und beim selbständigen Arbeiten sehr willkommen sein wird. Daß sich der Verf. bei der Behandlung der Wärmestrahlung eng an *Plancks* Lehrbuch anlehnt, und ebenso in der Quantentheorie der Spektrallinien vor allem *Sommerfelds* und *Epsteins* Wegen folgt, ist kein Schaden und liegt in der Natur der Sache. Neben diesen beiden Hauptanwendungsgebieten der Quantenlehre wird auch die Theorie der Atomwärmen und der Entropiekonstanten einatomiger Gase eingehend behandelt.

Ich möchte nicht versäumen, im Interesse späterer Auflagen, auf eine Reihe von Punkten hinzuweisen, die mir verbesserungsbedürftig erscheinen.

So wäre es z. B. meines Erachtens vorteilhaft, bei der Berechnung der Phasenintegrale (im Falle der Keplerbewegung und des Starkeffekts) die elegante und schneller zum Ziele führende Methode der komplexen Integration zu verwenden, die überhaupt Allgemeingut der Studierenden werden sollte.

Auch dürften, in einer vollständigen Darstellung der Quantentheorie, die Auswahlprinzipien in der Form von *Rubinowicz*, oder noch besser im Anschluß an *Bohrs* äußerst fruchtbares „Analogieprinzip", nicht fehlen. Ebenso sollte *Einsteins* bedeutsame Ableitung des Planckschen Gesetzes (mit Hilfe des Bohrschen Modells) Erwähnung finden und die Lichtquantenhypothese jedenfalls kurz gestreift werden.

Daß die Theorie der Röntgenspektren nicht so einfach ist, wie sie *March* darstellt, halte ich nach den neuesten Forschungen für erwiesen; denn mit der Vorstellung ebener Elektronenringe kommt man offenbar nicht mehr durch (*Smekal*) und muß, wie es scheint, die Theorie der Röntgenserien auf der Grundlage räumlicher Elektronenanordnungen (*Born-Landé*) neu aufbauen.

Was endlich die hier gegebene Ableitung für die Entropiekonstante einatomiger Gase anlangt, so glaube ich, daß man besser tut, dabei den gesicherten Weg von *O. Stern* einzuschlagen, der die noch reichlich problematische Quantelung der Gasbewegung umgeht.

F. Reiche, Berlin.

Kohlrausch-Scholl, Kleiner Leitfaden der praktischen Physik. Leipzig, B. G. Teubner, 1919. XX, 324 S. und 165 Abbild. Preis M. 10,—, im Buchhandel M. 20,—.

So ungeteilt die Ansichten sämtlicher Physiker über Wert und Bedeutung von *Kohlrauschs* Lehrbuch der praktischen Physik sind, das bekanntlich im Jahre 1914

bereits seine 12. Auflage erlebt hat und demnächst wohl in 13. erscheinen dürfte, so uneinig ist man im Urteil über den praktischen Wert des sogenannten „kleinen Kohlrausch“ — mit vollem Namen: Kleiner Leitfaden der praktischen Physik —, und zwar sowohl unter Physikern wie auch im weiteren Kreise der Naturwissenschaftler, soweit sie sich mit Physik beschäftigen. Dieser kleine Leitfaden, zu dessen Herausgabe sich *Kohlrausch* im Jahre 1899 entschloß, um „einem von Kollegen geäußerten Wunsche zu genügen“, und der im Jahre 1907 seine zweite Auflage erlebte, war „für Anfänger bestimmt, und zwar besonders für den, welcher nicht die Absicht hat, über den Anfang hinaus praktisch physikalisch zu arbeiten“. Inhaltlich stellte dies Buch einfach einen Auszug aus dem eingangs erwähnten Lehrbuch dar, in dem einfach das weggelassen wurde, was über das Bedürfnis des Anfängers hinausging. Daß dies Buch sich trotz des anerkannten Bedürfnisses sowohl bei Lehrern wie bei Schülern nicht allzugroßer Beliebtheit erfreute, hatte seine Ursache wesentlich in zwei äußeren Umständen. Der Lehrer, gewohnt mit dem großen Kohlrausch zu arbeiten, war enttäuscht, irgendein gerade benötigtes Kapitel im kleinen Kohlrausch nicht zu finden, wenn ihm derselbe bei einem seiner Schüler zufällig in die Hände fiel. Bei diesem andererseits trat folgendes die Wertschätzung beeinflussende psychologische Moment hinzu: Es ist für den Anfänger nicht leicht, sich in die knappe, jedes überflüssige Wort vermeidende Ausdrucksweise *Kohlrauschs* hineinzudenken und seine kurzen, erläuternden Sätze vollinhaltlich zu erfassen. Den Grund dieses Übels glaubten viele Leser des kleinen Kohlrausch fälschlich darin suchen zu müssen, daß in diesem für das Verständnis wichtige Teile weggelassen seien. Obwohl dies natürlich auf einem Irrtum beruht, so zogen doch in früheren Zeiten die meisten Studenten es vor, sich den großen Kohlrausch anzuschaffen, zumal da sie für den Erwerb dieses anerkannt guten Buches nur wenige Mark mehr als für den kleinen anzulegen brauchten.

Trotzdem bleibt natürlich die erwähnte Schwierigkeit im Verständnis bestehen. Der Anfänger ist häufig genötigt, neben dem Kohlrausch ein Lehrbuch der Physik zur Hand zu nehmen. Um diesem Mangel abzuhelfen, hat sich der Neubearbeiter der vorliegenden 3. Auflage des Leitfadens der praktischen Physik, der Leipziger Physiker Professor *H. Scholl*, zu einer wesentlichen Umarbeitung des Buches entschlossen. Neben der Beseitigung des eben erwähnten Mangels kam als zweiter leitender Gedanke hinzu, entsprechend dem stark zunehmendem Eindringen physikalischer Meß- und Arbeitsverfahren in alle Gebiete der reinen und angewandten Nebenwissenschaft, allen denen einen zuverlässigen und praktischen Berater zu schaffen, für die die Physik nur Naturwissenschaft ist, in erster Linie also für Mediziner, Pharmazeuten, Chemiker, Lehramtsanwärter und Techniker.

Dies doppelte Ziel ist folgendermaßen erreicht: Aus dem alten Leitfaden von *Kohlrausch* sind die Absätze, die die Technik der Meß- und Arbeitsverfahren behandeln, mit einigen Erweiterungen und einigen Kürzungen fast unverändert übernommen. Die einzelnen Kapitel sind aber mit Vorbemerkungen versehen, die die zugrunde liegenden physikalischen Tatsachen und Gesetze in kurzer, aber doch etwas breiterer Form als bisher auseinandersetzen. Diese Stellen sind durch Fettdruck hervorgehoben. Da sie einen nicht unwesentlichen Teil der Neuauflage ausmachen, wird man es berechtigt finden, daß der Bearbeiter seinen Namen neben den *Kohlrauschs* auf den Einband des Buches gesetzt hat. Dementsprechend wird man aber auch an die Darstellung, was Klarheit, Richtigkeit und Schärfe des Ausdrucks betrifft, hohe Anforderungen stellen dürfen. Man kann zugeben, daß diese Aufgabe Herrn *Scholl* im großen und ganzen gut gelungen ist, obwohl einzelne Sätze der scharfen Kritik eines geschulten Physikers kaum standhalten dürfen. Hierbei sei z. B. auf den erläuternden Satz über das Ohmsche Gesetz verwiesen, der bei einer Neuauflage wohl eine Umarbeitung vertragen dürfte. Solche vereinzelten Ungenauigkeiten im Ausdruck können aber den Gesamteindruck des Werkes nicht beeinträchtigen, das, ohne sich in ein Lehrbuch der Physik verwandelt zu haben, den Anfängern das bietet, was sie brauchen und ihnen deshalb empfohlen werden kann.

Noch mehr Geschick hat der Neubearbeiter bei der Verfolgung des zweiten obengenannten Zieles gezeigt. Der Naturwissenschaftler, der sich für seine speziellen Zwecke über irgendein physikalisches Meß- oder Arbeitsverfahren unterrichten will, wird nicht vergebens suchen. Besonders der Mediziner findet alle für ihn wichtigen Dinge bis zu den neuesten Errungenschaften, z. B. Diathermie. Das Kapitel über Röntgenstrahlen, Röntgenapparate und Röntgenmeßtechnik scheint besonders gut gelungen. Ob andrerseits eine physikalisch so unexakte Methode wie der Blutdruckmesser von *Riva-Rocci* selbst in Form einer Warnung vor Fehlern in einem Lehrbuch, das den Namen *Kohlrauschs* trägt, Erwähnung verdient, darf man wohl bezweifeln.

Zu dem günstigen Gesamteindruck tragen verschiedene Einzelheiten erheblich bei, z. B. die maßvolle Verdeutschung einzelner Fremdworte (Berichtigung statt Korrektion, verhältnismäßig statt prozentual), die Vervollständigung der am Schluß angebrachten Tabellen, die Verbesserung einzelner Figuren, der übersichtliche und, wie es scheint, von Fehlern weitgehend freie Druck. Es steht also zu erwarten, daß sich die Neuauflage des Leitfadens sowohl bei der Benutzung im Anfängerpraktikum wie auch als Ratgeber für den Naturwissenschaftler, der physikalische Methoden anwenden will, gut einführen und bewähren wird. Dem Physiker kann sie natürlich *Kohlrauschs* Lehrbuch der praktischen Physik nicht ersetzen.

W. Grotrian, Berlin-Dahlem.

Kroner, Richard, Das Problem der historischen Biologie. (Abhandlungen zur theoretischen Biologie, herausgegeben von *Julius Schaxel*, Heft 2.) Berlin, Gebr. Borntträger, 1919. 35 S. Preis M. 3,20.

Nach *Kroners* Meinung nimmt die Biologie in ihrer methodischen und erkenntnistheoretischen Eigenart eine Mittelstellung zwischen Geschichts- und Naturwissenschaft ein, und hieraus leitet der Verfasser die Aufgabe ab, herauszufinden, was Biologie und Geschichte eigentlich gemeinsam haben, d. h., welche Rolle dem Historischen in der Biologie zufällt. Er findet „eine logische Verwandtschaft zwischen dem organischen und historischen Sein“ auf folgende Weise. Nach der Lehre der Windelband-Rickertschen Philosophenschule unterscheiden sich Geschichte und Naturwissenschaft dadurch, daß die letztere das Allgemeine und Gesetzmäßige, die erstere das Individuelle, Einmalige zum Gegenstand der Forschung nimmt. Diese Lehre bedarf der Ergänzung und Präzisierung — denn auch die Naturwissenschaft untersucht, z. B. in der Geologie und Astrono-

mie. Einmaliges —, und so meint *Kroner*, die Geschichte behandele das für die Menschheit *bedeutsame* Individuelle, d. h. das *Originelle* oder dasjenige, welches seinen besonderen Charakter durch eine Beziehung zu allgemeingültigen *Werten* erhält. Nach *Kroner* gibt es nun eine Idee, die in der Biologie eine ganz ähnliche Rolle spielt wie die des Wertes in der Geschichte: es ist die des Organismus bzw. des Lebens. Durch diesen Begriff bekommen die Teile eines Organismus einen eigentümlichen Sinn, eine besondere Bedeutung, nämlich als Teile eines *Ganzen*, und dadurch gelangt — wenn auch von einer andern Seite her als in der Geschichte — der Zweckmäßigkeitsgesichtspunkt in die Biologie. Zugleich repräsentiert die Idee des Organismus natürlich auch den Begriff des Individuums, der für historische wie biologische Betrachtungen — obzwar in beiden Gebieten in verschiedener Bedeutung — gleich fundamental ist. — Wo *Kroners* Ausführungen sich über rein methodologische Fragen erheben — und das tun sie oft, da er mit sehr weiten Gesichtspunkten an seine Aufgabe herantritt —, scheinen sie mir nicht hinreichend begründet und anfechtbar zu sein. Wenn der Verfasser z. B. sagt, im Organismus sei die Idee der „Welttotalität" verwirklicht (ein übrigens schon von *Bergson* formulierter Gedanke) und darin bestehe das Geheimnis des Lebens, seine physikalisch-chemische Unerklärbarkeit (S. 24), oder wenn er meint, die Organismusidee überschreite die Grenzen möglicher Naturerkenntnis und die Grenzen naturwissenschaftlicher Begriffsbildung (S. 26. 27), so sind das Formulierungen, die ein vorsichtiger Forscher nicht so leicht unterschreiben wird. *Kroners* Ausführungen über das Wesen der Geschichtsforschung dagegen werden gewiß allgemeineren Beifall finden, und seine Schrift wird dazu helfen, gewisse Gemeinsamkeiten historischer und biologischer Begriffsbildung verständlich zu machen, die wegen der in beiden Gebieten vorkommenden teleologischen Betrachtungsweise in der Tat vorhanden sind. *M. Schlick, Rostock.*

Driesch, Hans, Der Begriff der organischen Form. (Abhandlungen zur theoretischen Biologie, herausgegeben von *Julius Schaxel*, Heft 3.) Berlin, Gebr. Bornträger, 1919. 83 S. Preis M. 5,60.

Die Schrift gibt eine schön aufgebaute und gut lesbare Zusammenfassung der biologischen Grundanschauungen *Drieschs*. Man muß dem Herausgeber der Serie dankbar sein, daß er *Driesch* zu dieser Arbeit veranlaßte, und dem Verfasser, daß er sich der Aufgabe unterzog; denn eine so einheitliche und übersichtliche Darstellung lag bisher nicht vor. Die Vorzüge der Schreibweise *Drieschs* (prägnante Formulierungen) kommen voll zur Geltung, ihre sonst manchmal störenden Eigenheiten (Vorliebe für begriffliche und terminologische Neubildungen) treten dagegen kaum in Erscheinung. Manches in des Verfassers biologischen und philosophischen Schriften Verstreute findet sich hier sachlich vereinigt. So bedarf es gewiß keiner Entschuldigung dafür, daß das Büchlein gegenüber den früheren Publikationen *Drieschs* nichts prinzipiell Neues bringt. Sein Erscheinen wird von Philosophen und Biologen, von Freunden und Gegnern der Lehre *Drieschs* begrüßt werden. Die Anhänger des Vitalismus werden sich freuen, daß hier sein hervorragendster Vertreter noch einmal die gewichtigsten Argumente zusammenträgt; die Gegner aber — und das scheint dem Referenten besonders wichtig — werden gleichfalls dankbar sein für die scharfen Formulierungen, die sie hier finden, denn je strenger die Gedankenführung, um so deutlicher müssen ihre Lücken hervortreten, an denen die Kritik einsetzen kann. Es ist nicht die Aufgabe dieser kurzen Anzeige, sachlich-kritisch Stellung zu nehmen und Gedanken über Einzelheiten vorzutragen, die dem Referenten bei der Lektüre kommen mußten; hier handelt es sich nur darum, die Aufmerksamkeit beider Parteien empfehlend auf das Büchlein zu lenken. *M. Schlick, Rostock.*

Doflein, Franz, Das Problem des Todes und der Unsterblichkeit bei den Pflanzen und Tieren. Jena, G. Fischer, 1919. 119 S., 32 Abbild. im Text und 1 Tafel. Preis M. 8,—.

Die Frage, ob es Elementarorganismen gibt, deren Lebensdauer nicht durch innere physiologische Bedingungen begrenzt ist, die also unsterblich sind, ist immer wieder diskutiert worden, seit *Weismann* die Lehre von der Unsterblichkeit der Protozoen aufstellte. Bald schienen neu erschlossene Tatsachen die Lehre *Weismanns* umzustoßen, bald schien sie durch neue Erfahrungen gestützt. *Doflein* schildert, nach einleitenden allgemeinen Erörterungen über die verschiedenen Formen des Todes, die Entwicklung dieser Frage in klarer Weise und gelangt auf Grund der Würdigung aller Tatsachen, für deren Beurteilung dieser Kenner der Protozoen besonders kompetent ist, zu dem Ergebnis, daß die potentielle Unsterblichkeit der Protozoen wohl endgültig bewiesen sei.

Die zweite große Frage, die ausführlich und mit großer Umsicht erörtert wird, ist die nach der potentiellen Unsterblichkeit der Gewebezellen, und auch hier kommt *Doflein* zu dem Resultat, daß der Tod vieler Gewebezellen durch „äußere" Schädigungen bedingt sei, daß viele von ihnen potentiell unbegrenzt lange zu leben vermögen. So ergibt sich die Folgerung, die *Doflein* in den Worten zusammenfaßt: „Daß es überhaupt in den lebenden Protisten unsterbliche Organismen gibt, daß die Keimzellen der Vielzelligen die gleiche Unsterblichkeit besitzen, daß sogar viele der Körperzellen sie teilen, das beweist, daß die potentielle Unsterblichkeit eine der Eigenschaften der „lebenden Substanz" ist. Es gibt keinen natürlichen Tod der lebenden Substanz." *A. Pütter, Bonn.*

Molisch, Hans, Populäre biologische Vorträge. Jena, G. Fischer, 1920. 280 S. und 63 Abbildungen im Text. Preis geh. M. 16,—, geb. M. 20,—.

Bei weitem nicht jedem Gelehrten ist es gegeben, den Wissensbestand und die großen Fragen seines Arbeitsgebietes in einer Form darzustellen, die auch dem das Verständnis eröffnet, der ohne Fachbildung dem Gegenstande näher zu kommen sucht. Es gehört dazu ebenso sehr ein feiner Takt in der Auswahl der Gegenstände wie eine besondere Fähigkeit der Darstellung, die es vermeidet, besondere Kunstworte der Fächer zu benutzen, wie sie zwar dem Gelehrten als wohlbekannte Geheimzeichen eine rasche und kurze Verständigung mit anderen Fachleuten ermöglichen, für den aber, der die Geheimsprache des Faches nicht kennt, eine bedeutende Erschwerung darstellen, die durch die etwas breitere Darstellung in den Worten der Umgangssprache behoben werden kann, ohne daß dadurch die strenge Wissenschaftlichkeit des Inhaltes irgendwie zu leiden braucht. In beiden Richtungen können die 17 populären biologischen Vorträge, die *Molisch* in einem gut ausgestatteten Bande bietet, als wohl gelungen gelten. In klarer, einfacher Sprache werden die verschiedensten Fragen so behandelt, daß jeder Gebildete aus den Aufsätzen Anregung und Belehrung schöpfen kann. Teils sind es „Ansichten der Natur", die vor-

geführt werden (z. B. Wanderung durch den javanischen Urwald; Reiseerinnerungen aus China und Japan), teils Darstellungen neuer wichtiger Tatsachen (z. B. Ultramikroskopie und Botanik; das Radium und die Pflanze), teils physiologische Erfahrungen, die praktische Anwendung finden oder finden können (z. B. Warmbad und Pflanzentreiberei; Verwertung des Abnormen und Pathologischen in der Pflanzenkultur; die Kunst, das Leben der Pflanze zu verlängern), teils Gegenstände, die in das Wesen der Lebensvorgänge einführen und so zu allgemeinsten Fragen hinleiten, zum Nachdenken über Probleme von größter allgemeiner Bedeutung anregen (z. B. Ursprung des Lebens; Scheintod der Pflanze; Wärmeentwicklung der Pflanze); teils Darstellungen, die von der Entwicklung unseres Wissens von der Natur handeln (Goethe als Naturforscher; der Naturmensch als Entdecker auf botanischem Gebiete). Die botanischen Paradoxa, die der letzte Vortrag behandelt, werden vielen Lesern besondere Freude bereiten.

Zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse und zur Anregung einer liebevollen und nachdenklichen Betrachtung der Natur werden diese Vorträge sicher ihr Teil beitragen. *A. Pütter, Bonn.*

Kammerer, Paul, Menschheitswende. Wanderungen im Grenzgebiet von Politik und Wissenschaft. Wien, Verlag „Der Friede", 1919. 106 S. Preis M. 4,—.

Dieses zweite politisch-biologische Buch *K.s* stellt eigentlich eine Sammlung von zehn anderwärts schon erschienenen Aufsätzen dar, die unter dem vereinheitlichenden Bande der Lebenskunde scheinbar heterogene Dinge zu dieser Streitschrift, wie sie der Verfasser selbst nennt, zusammenfaßt. Auch sie ist im gleichen pazifistischen Sinne geschrieben wie das vorhergehende Buch.

Der erste Aufsatz handelt über die Biologie des Krieges, der zweite vom „Nationalismus und Naturalismus", in dem *K.* eintritt für eine Vereinigung von Nationalismus und Internationalismus, wie sie etwa dem Völkerbund als Idee vorgeschwebt hat. Im dritten Aufsatze „Am Grabe des Darwinismus" rechnet er scharf ab mit *O. Hertwig*, was recht lesenswert und berechtigt ist. Die „Tiergeschichten aus dem Weltkrieg" mit ihrem Gemisch von Gefühlsduselei und Roheit kommen sehr schlecht weg, und „Gegen Chamberlain", den großen Schwätzer und Renegaten an seinem eigenen Volkstum, findet er der scharfen Worte genug. Es tut immer wieder wohl, wenn das Phrasengeklingel dieses „Zitatenzettelkastenliteraten", wie ihn *Hatschek* einmal genannt hat, an den Pranger gestellt wird. Hoffentlich hilft es endlich einmal. „Friedenserziehung" verlangt *K.* und nicht Indianer- und andere kriegerische Spiele für unsere Jugend. Im Aufsatze „Die Natur und der Menschenkrieg" schildert er den Sieg der Natur über die Verwüstungen und Vernachlässigungen, die der Krieg mit sich gebracht hat. Im Abschnitte „Soziologische Fragen der Kriegsgefangenschaft" geht er auf die Psychologie dieser Leute ein und auf den Wert, den dieses Zusammenkommen der verschiedensten Völkerschaften für ein späteres Verstehen besitzt. „Meine Ansichtskartensammlung" ist ein Aufsatz, der der Kulturwissenschaft die Aufgabe stellt, auf gleiche Weise beobachten zu lernen, wie es bisher nur in der Naturwissenschaft üblich war. Im letzten Kapitel „Naturgeschichte der Straßenkämpfe: Zur Begründung einer mechanistischen Geschichtsauffassung" behandelt er das traurigste Kapitel der Nachkriegszeit. Er erklärt diese Bewegung als eine explosionsartige Schwingung des Lebenspendels, das zu lange zurückgehalten worden war. Er hofft aber, daß dieses Pendel auch regulierbar sei, daß wir auch darüber Gewalt bekommen werden, wie wir sie über die unorganische Natur schon lange haben.

Nur kurz konnte ich die Gedankenfülle, die in diesen Aufsätzen ruht, streifen. Aber zu einer intensiven Beschäftigung damit möchte ich anregen.

H. L. Honigmann, Magdeburg.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Beiträge zum erdkundlichen Unterricht. Die Erdkunde lehrt den Menschen seine Umwelt, den Schauplatz seines Lebens kennen. Dieses Ziel war stets das gleiche, wie auch die Grenzen der geographischen Wissenschaft sich wandelten. Ursprünglich Wissenschaft von der Erde überhaupt (*Eratosthenes*), hat die Erdkunde nach Versuchen, ihr Feld auf das Universum auszudehnen (*Varenius, Humboldt*), es schließlich unter schärferer Zielsetzung auf die Oberfläche der Erde eingeengt. Von der Geographie im wahren Umfange des Wortes ist sie über die „Kosmographie" zur heutigen Erdoberflächenkunde geworden. Den hierbei notwendigen Gebietsabtretungen an andere die Erde betrachtende Wissenschaften (Geodäsie, Geophysik, Geologie) stand ein Ersatz gegenüber in der zunehmenden Einbeziehung *aller* an die Erdoberfläche gebundenen Erscheinungen und Vorgänge einschließlich der lange vernachlässigten, erst neuerdings stark betonten menschlichen Lebensäußerungen (*Ratzel*). Umgekehrt wurde in der seit *Herodot* und *Polyb* vorwiegend von den Historikern geübten Beschreibung einzelner Erdräume seit ihrer Erhebung auf den vergleichenden Standpunkt (*Ritter*) der Erdkunde ein Gebietszuwachs zuteil, die Länderkunde. Die konkreten und abstrakten Erscheinungen der Erdoberfläche sind natürlich auch Gegenstand anderer Wissenschaften. Während diese aber sich mit ihnen um ihrer selbst willen und sie herauslösend beschäftigen, betrachtet die Erdkunde sie in ihrem Zusammenwirken und in Beziehung auf das Bild der Erdoberfläche. Dies — nicht die Bearbeitung eines ureigenen abgeschlossenen Gebietes — macht das unumstrittene und einheitliche Arbeitsfeld der Erdkunde aus. Demgemäß ist sie durch zahlreiche Brücken mit anderen Wissenschaften verbunden, die ihr wie die genannten als propädeutische Fächer oder als Hilfswissenschaften dienen, deren Ergebnisse sie anwendet (Geologie, Hydrographie, Meteorologie, Botanik, Zoologie, Anthropologie, Ethnologie, Geschichte, Wirtschaftslehre u. a.). Der Zusammenhang mit diesen Grenzwissenschaften ist um so enger, als einige von ihnen aus der Erdkunde hervorgegangen (z. B. die Geophysik), andere durch Übernahme geographischer Ergebnisse ihrerseits befruchtet worden sind. Zu diesen Wandlungen der Grenzsetzung tritt in jüngerer Zeit eine wichtige methodische. Vorwiegend unter dem Einfluß *Humboldts* und *Ritters* und infolge des in alle Wissenschaften eindringenden genetischen Prinzipes hat auch die Erdkunde den großen Schritt von der beschreibenden „Geographie" im engsten Sinne des Wortes zur erklärenden Wissenschaft getan. — Mit diesen Mitteln und Wegen sucht nun die Erdkunde als allgemeine Geo-

graphie die Erscheinungen der Erdoberfläche kausal verstehen zu lehren, indem sie systematisch die Orientierung auf der Erdoberfläche, den Erdkörper, seine Bewegung und Lage im Raume nebst den Möglichkeiten der Abbildung (mathematische Geographie), die Beschaffenheit der Erdkruste, der Wasser- und Lufthülle (physische Erdkunde), die Lebewelt (biologische Geographie) und gesondert den Menschen als Erdbewohner (Anthropogeographie) untersucht. In der Länderkunde aber wendet sie die Ergebnisse der allgemeinen Geographie auf natürlich oder auch politisch abgegrenzte Einzelräume an mit dem Ziel, sie als Ganzes verstehen zu lehren. Daß dieser Weg nicht geradlinig gegangen worden ist, daß Um- und Abwege nicht vermieden wurden und daß noch manches im Flusse ist, versteht sich von selbst für ein Wissensgebiet, das umfassend wie wenige, uralt, aber als letztes zu fester Formulierung gelangt ist. — Die notwendige Beschäftigung mit Gegenständen der Natur- wie der Geisteswissenschaften gestaltet die Erdkunde zu einem beide Gruppen verknüpfenden Bande; die einende Betrachtung einer solchen Summe kausal verbundener irdischer Erscheinungen setzt sie instand, eine Weltanschauung zu vermitteln, und macht sie zu der auf den Realitäten der Erdoberfläche beruhenden Schwester der auf das Abstrakte gegründeten Philosophie. Hierin liegt die Bedeutung der Erdkunde für die Erziehung des Menschen, über die sich alle Zeiten im klaren gewesen sind, die die großen Erzieher *Pestalozzi*, *Herder* und *Goethe* betonten und die *Kant* zu dem Ausspruche veranlaßte: Es ist nichts fähiger, den gesunden Menschenverstand aufzuhellen, als gerade die Geographie. Die zur Erwerbung geographischer Erfahrung erforderliche Beobachtung erweckt die Anschauung, die beim Beobachten stets sich offenbarende Verknüpfung von Ursache und Wirkung zwingt zum Denken und übt in der Handhabung von Begriffen. Nicht minder schärft die Karte, indem sie zum Vergleiche und zur Vorstellung nötigt, den Verstand. Geographische Aufgaben im Felde üben in hohem Grade die Aufmerksamkeit und stählen den Willen. Mit ihren auf so verschiedenen Gebieten gewonnenen, doch einheitlich nach eigener Methode verarbeiteten Erkenntnissen wohnt der Geographie eine hohe konzentrierende Kraft inne, die den Menschen die Natur als Ganzes sehen läßt, sie zu beherrschen anleitet und so das Bewußtsein freier Persönlichkeit hervorruft. Auch dem Gemüte führt das Eindringen in die Natur reiche Nahrung zu, indem es Ehrfurcht vor ihrer Erhabenheit und nicht minder Achtung vor den Leistungen der umgestaltenden menschlichen Arbeit erweckt. Weiter ist zur Erziehung zum Staatsbürger gerade die Erdkunde in hohem Grade befähigt. — Die Unterrichtsmethoden der Schule müssen mit der Entwicklungsstufe des Geistes in Übereinstimmung stehen. In den Jahren vor Schulbeginn zeitigt allein das lokomotorische Gedächtnis geographische Grundbegriffe. Die Fähigkeit, das Gesehene sich räumlich vorzustellen, entwickelt sich erst gegen Ende des schulpflichtigen Alters. Daher kommt in den ersten Jahren lediglich Freiluftunterricht in Frage, der der Orientierung, der Erdbewegung — doch vorläufig vom geozentrischen Standpunkt aus gesehen — und der Beobachtung elementarer Erscheinungen (z. B. des fließenden Wassers) gewidmet sei. Die mittleren Schuljahre fallen mit dem Alter der sachlichen Teilnahme am Einzelgegenstand zusammen und sind zur Sammlung von Tatsachenschätzen unter überwiegender Benutzung von Karte und Bild auszunutzen. In den letzten Schuljahren hat der Unterricht durch die Betonung der ursächlichen Verknüpfung der Erscheinungen dem erwachenden Bedürfnisse nach Zusammenhang Rechnung zu tragen. Dann tritt auch der erdkundliche Ausflug in sein Recht, der dem Schüler in der Heimat zum ersten Male ein Gesamtbild eines Stückes Erdoberfläche geben soll. (*Vorträge und Berichte von H. Fischer, R. Fox, F. Lampe, A. Penck, A. Philippson, P. Urbahn* [Mitt. d. preuß. Hauptstelle f. d. naturw. Unterricht].)

B. Brandt.

Die Rationierungsmethoden in Deutschland und Dänemark zu vergleichen ist sehr lehrreich. *Hindhede* (Skandinav. Arch. f. Physiologie Bd. *39*, 1919, S. 78 bis 131) schreibt darüber etwa folgendes: Dänemark war im Frühjahr 1917, als die vollständige Blockade auch für die Neutralen eintrat, etwa so gestellt, wie Deutschland im August 1914. „Wenn wir nach Abzug von Aussaatkorn, Legekartoffeln und Verlust uns denken, daß aller Roggen und Weizen zu Brot verbacken wird — ohne Siebung — und alle Gerste zu Grütze gemacht (60 % Ausbeute), sowie daß alle Kartoffeln zu Menschennahrung angewandt werden (20 % Abfall beim Schälen), könnten pro Kopf und Tag folgende Mengen zur Verfügung stehen“:

	Deutschland 1914	Dänemark 1917
pro Kopf	3216 Kalorien	2721 Kalorien
für d. erwachs. Mann	4000 Kalorien	3400 Kalorien

„Ganz abgesehen von anderen Pflanzenprodukten und von allen tierischen Produkten, konnten beide Länder reichlich Nahrung für den menschlichen Bedarf schaffen“ und von Hunger konnte nur die Rede sein, wenn bei der Verteilung die Haustiere — besonders die Schweine — zuerst berücksichtigt wurden. Der dänische Rationierungsausschuß ging von folgenden Hauptgrundsätzen aus: „1. Aller Roggen und Weizen — einschließlich der Kleie — wird der Bevölkerung vorbehalten. 2. 70 % der Gerste und 60 % der Kartoffeln werden der Bevölkerung vorbehalten. 3. Es wird nur nach Kalorien gerechnet und keine Rücksicht auf Eiweiß und Fett genommen.“ Die Folge dieser reichlichen Rationierung der Menschen war, daß der Schweinebestand in kurzer Zeit auf $^1/_5$ dessen vor dem Kriege reduziert werden mußte. Dieser starke Rückgang des Schweinebestandes hat bewirkt, daß es nicht nötig war, den Bestand an Kühen auch nur annähernd so stark einzuschränken, es konnten rund 300 ccm Milch pro Tag und 250 g Butter pro Woche ausgegeben werden. Ein Überblick über die rationierten Lebensmittel in Dresden 1917 und Kopenhagen 1918 lehrt, daß bei uns nur *876* (!) Kalorien in rationierten Nahrungsmitteln ausgegeben werden konnten, in Kopenhagen 2466 Kalorien. Daß die dänische Bevölkerung durch die Brot-, Grütze-, Kartoffelkost keinen Schaden genommen hat, geht daraus hervor, daß der Gesundheitszustand 1917 bis 1918 . . . . ein besserer war als seit mehreren Jahren.

„Der Unterschied zwischen dänischer und deutscher Rationierung liegt kurz gesagt darin, daß, während Dänemark konsequent und ohne Schwanken seinen Plan in Übereinstimmung mit den neuen Ernährungsgrundsätzen gelegt hat, die deutschen Autoritäten hin- und hergeschwankt haben. Sie wagten nicht, die Schweine zeitig zu schlachten, teils wegen des rasenden Widerstandes der Bauern, teils aus Furcht vor Fleisch- und Fettmangel. Das Resultat waren hungernde Menschen, die nicht genug Brot, Grütze und Kartoffeln bekommen konnten, und viele hungernde Haustiere, die wohl fressen konnten, aber nichts produzierten. Auf diese Weise führte Angst vor Fleisch- und Fettmangel

nicht nur zu Hunger, sondern gerade zu Fleisch- und Fettnot." *P.*

Über die Abweichungen vom Coulombschen Gesetze in großer Nähe elektrischer Ladungen. Die Untersuchungen *Rutherfords* über den Zusammenstoß von α-Teilchen mit Atomen leichter Elemente, insbesondere mit Wasserstoff (Phil. Mag. *37*, S. 357, 1919) haben ergeben, daß sich die α-Partikel wie zweifach positiv geladene Scheibchen von einem Halbmesser von höchstens $3 \cdot 10^{-13}$ cm verhalten, die sich in der Richtung ihrer Symmetrieachse stets parallel zu sich selbst fortbewegen. Diesen Anforderungen genügt das Lenzsche Heliumkernmodell (Münchn. Ber. 1918, S. 355) ausgezeichnet, wonach ein α-Teilchen aus einem von vier Wasserstoffkernen gebildeten „Ring" bestehen soll, der symmetrisch zu zwei auf der Achse desselben befindlichen, bezüglich des Modellschwerpunktes ruhenden Elektronen rotiert. Rechnet man dieses Modell mit Coulombschen Kräften und mit der Quantentheorie durch, so erhält man für dasselbe einen viel zu geringen Energieinhalt im Vergleich zu dem nach der speziellen Relativitätstheorie berechneten Energieinhalt und der dementsprechend auch von *Rutherford* gefundenen hohen Stabilität der α-Teilchen. *Bringt man hingegen an Stelle des Coulombschen Gesetzes e/r^2 das allgemeine Kraftgesetz e/r^n in Ansatz, so kann man n mit Hilfe des bekannten relativistischen Energieinhalts bestimmen. Für eine mittlere Distanz von etwa $1{,}8 \cdot 10^{-13}$ cm findet man $n = 2{,}117$.* Der Radius des H-Kernringes im α-Teilchen beträgt dann etwa $1{,}5 \cdot 10^{-13}$ cm, die Distanz der beiden Elektronen von der Ringebene $7 \cdot 10^{-14}$ cm.

Indem man nun nach diesem Modell die räumliche Verteilung der durch α-Strahl-Stoß erzeugten schnellen H-Strahlen berechnet und mit den Ergebnissen der Rutherfordschen Zählungen vergleicht, wird man den Verlauf der an die Stelle des Coulombschen Gesetzes tretenden Beziehung auch für größere Distanzen als $1.8 \cdot 10^{-13}$ cm näherungsweise verfolgen können. Im Gebiete der Röntgenspektren (*K*-Serie) gilt das Coulombsche Gesetz bereits ohne merkliche Abweichungen.

Denkt man sich beispielsweise ein α-Teilchen und einen Wasserstoffkern — beide der Einfachheit halber als punktförmig angenommen — in einer Entfernung von $1{,}8 \cdot 10^{-13}$ cm, so müßten sie, falls eine so enge Annäherung überhaupt möglich ist, eine abstoßende Kraft von rund 446 kg aufeinander ausüben, während das Coulombsche Gesetz hierfür „nur" 14 kg ergeben würde.

Das wichtigste an diesen Resultaten besteht wohl darin, daß die modernen Theorien daran eine Kontrolle finden können, wenn sie einmal so weit gediehen sein werden, über die Verzerrung des Coulombschen Feldes in großer Nähe der elementaren Ladungen bestimmte Aussagen machen zu können. *A. Smekal.*

Metalluntersuchungen mittels Röntgenstrahlen. (*S. Nishikawa* und *S. Asahara*, Physical Review *15*, 38, 1920.) Die photographische Beobachtung des beim Durchgang der Röntgenstrahlen durch eine dünne Metallschicht auftretenden Beugungseffektes wird von den Verfassern benützt, um den Einfluß mechanischer und thermischer Einwirkungen auf die Metallstruktur zu untersuchen. Als Strahlungsquelle diente eine Coolidgeröhre (Maximalspannung 60 000 Volt). Die Versuchsanordnung ist eine ganz ähnliche wie die zur Aufnahme der Lauephotogramme bei Kristallen; bei 0,1 mm Dicke der Metallschichten betrug die Expositionsdauer etwa 1 Stunde bei 5 Milliampère Belastung.

Zuerst wurde der Einfluß des Walzens bei Silber und Zinn untersucht. Während unmittelbar nach dem Walzen ein Bild erhalten wird ähnlich dem bei der Durchstrahlung amorpher Stoffe (z. B. Paraffin), ergeben sich im Laufe der nächsten Tage und Wochen Bilder, bei denen die konzentrischen Beugungsringe sich immer mehr und mehr in einzelne Flecken auflösen, so daß die letzten Bilder der Serie das typische Aussehen der Kristallphotogramme zeigen. Durch Glühen kann dieser Effekt der „Erholung von der Walzwirkung" wesentlich beschleunigt werden. Die erforderliche Glühtemperatur ist bei den verschiedenen Metallen verschieden. (30 Minuten bei einer Temperatur von 80 Grad genügen, um beim Silber den Walzeffekt rückgängig zu machen, während beim Kupfer ein zweistündiges Ausglühen bei 800 Grad noch nicht ausreicht.)

Die starke Veränderlichkeit der Beugungsbilder bei der Annäherung an die Umwandlungstemperatur (Übergang in eine andere Modifikation) ermöglicht eine sehr genaue experimentelle Bestimmung des Umwandlungspunktes. Für Thallium ergibt sich als Umwandlungstemperatur 227 Grad. Dagegen konnte für Zinn, das bei 160 Grad einen Umwandlungspunkt besitzen soll, kein solcher nachgewiesen werden.

Der Arbeit, welche für die Technik wichtige praktische Anwendungen erwarten läßt, sind eine große Zahl von Aufnahmen an Silber, Zinn, Cadmium, Kupfer, Thallium beigefügt.

Aus der Sitzung der American Physical Society vom 28. 2. 20 ist besonders hervorzuheben:

Die K-Serie der Röntgenstrahlen. (*W. Duane* und *W. Stenström*, Physical Review *15*, 328, 1920.) Die Arbeit enthält Präzisionsmessungen des Röntgenspektrums des Wolframs in Emission und Absorption. Die Beobachtung der Spektren höherer Ordnung gestattet eine Bestimmung der Wellenlängen der Spektrallinien (ausgedrückt in Angström) mit einer Genauigkeit von drei Einheiten der fünften Stelle nach dem Komma. Es ist daher von großem Interesse, daß die von der Sommerfeldschen Theorie geforderte Gleichheit der Schwingungsdifferenzen des α-Dubletts der *K*-Serie und des *L*-Serien-Dubletts durch diese Präzisionsmessungen bestätigt wird. Die Verfasser zeigen ferner, daß ihre Messungen in guter Übereinstimmung sind mit dem von *Duane* und *Shimizu* aufgestellten Gesetz, daß die Differenz der Frequenzen der Absorptionsbandkanten der *K*- und *L*-Serie die Frequenz der α-Linie der *K*-Serie liefert. Es scheint den Verfassern nicht bekannt zu sein, daß dieses Gesetz schon im Jahre 1916 von *Kossel* ausgesprochen worden ist.

Die M-Serie der Hochfrequenzspektra. (*J. C. Karcher*, Physical Review *15*, 285, 1920.) Zur photographischen Aufnahme der *M*-Serie des Röntgenspektrums der Metalle Bi bis Pb wird ein Vakuumspektrograph verwandt, welcher sich von den bekannten Konstruktionen dadurch unterscheidet, daß die Strahlungsquelle innerhalb des Spektrometers angebracht ist. Gegenüber den bisher bekannten *M*-Linien werden drei weitere, sehr schwache Linien entdeckt.

Glocker.

Geophysikalische Mitteilungen.

Die Chandlersche und die Newcombsche Periode der Polbewegung (*B. Wanach*, Zentralbureau der internationalen Erdmessung, Neue Folge der Veröffentl. Nr. 34, Berlin 1919, G. Stankiewicz). Seit *Newcomb* auf theoretischem Wege gezeigt hat, daß die Elastizität des Erdkörpers die Eulersche Periode der freien Schwingung, welche für die feste Erde 304 Tage beträgt, vergrößert, zweifelt man nicht mehr daran, daß

die sogenannte Chandlersche Periode, welche sich in den Veränderungen der Polhöhe ausspricht und eine Länge von etwa 430 Tagen besitzt, eben nichts anderes ist, als die verlängerte Eulersche Periode. Dafür spricht auch der Umstand, daß es gelingt, aus der Dauer dieser Periode Festigkeitswerte für die Erde abzuleiten, welche mit den auf anderm Wege gewonnenen in guter Übereinstimmung sind. Rätselhaft erschien es nur, daß die Amplitude und die Phase der Chandlerschen Bewegung so veränderlich ist, während die Theorie verlangt, daß diese Größen konstant seien. In diesem Sinne hat man zwischen der theoretisch geforderten Periode und der aus den Beobachtungen gefundenen prinzipiell zu unterscheiden. *Wanach* schlägt daher vor, die erstere als Newcombsche, die letztere als Chandlersche zu bezeichnen, woran im Folgenden auch festgehalten werden soll.

Die Untersuchungen von *Wanach* befassen sich nun eingehend mit dem Mechanismus dieser Bewegung, und speziell mit der Frage, unter welchen Bedingungen eine Veränderlichkeit von Amplitude und Phase in der Newcombschen Bewegung entstehen kann. Es werden einige spezielle Fälle betrachtet, bei welchen angenommen wird, daß der Trägheitspol der Erde aus irgendwelchen Ursachen, für welche namentlich meteorologische Vorgänge in Betracht kommen, eine gegebene Bahn auf der Erdoberfläche beschreibt. Auf meteorologische Vorgänge wird man dadurch hingewiesen, daß in den Polhöhenschwankungen auch Glieder mit jährlicher Periode auftreten.

Es wird zunächst der Fall behandelt, daß der Trägheitspol geradlinig oder, besser gesagt, auf einem größten Kreise wandert, und zwar sowohl mit wie ohne Dämpfung; ferner der Fall, daß der Trägheitspol eine gedämpfte oder ungedämpfte elliptische Schwingung macht, mit einer Winkelgeschwindigkeit, die von der der freien Schwingung verschieden ist, und für welche im besonderen meist die zur Jahresperiode gehörige angenommen wird.

Unter diesen Fällen sind einige als besonders merkwürdig hervorzuheben. Bei geradlinigem Fortschreiten des Trägheitspoles mit einer dem Quadrat der Geschwindigkeit proportionalen Dämpfung tritt eine erzwungene Schwingung des Rotationspoles auf, deren Periode von der der freien Schwingung kaum verschieden ist. Bei geeigneter Wahl der Anfangsbedingungen kann diese der freien Schwingung so entgegenwirken, daß sie fast ganz verschwindet. Es ist dies der sonderbare Fall, daß eine erzwungene Schwingung einen anderen Charakter besitzt als die Störung, durch welche sie verursacht wird.

Ebenso merkwürdig ist ein zweiter Fall. Wenn der Trägheitspol eine ungedämpfte Kreisschwingung macht, so läßt sich die Anfangssituation des Rotationspoles so wählen, daß er ebenfalls eine jährliche Kreisschwingung vollführt und von der Newcombschen Periode keine Spur auftritt.

Vollführt der Trägheitspol eine ungedämpfte elliptische Schwingung von der Periode der *Newcombschen* Bewegung, so ergibt sich eine Bewegung des Rotationspoles, deren Amplitude mit der Zeit unendlich wird. Dieser Fall ist deshalb wichtig, weil man sich denken kann, daß im Laufe der geologischen Entwicklung die Starrheit der Erde so weit wächst, daß die Newcombsche Periode gleich einem Jahre wird. Dann würde der jährliche Massentransport einen bedeutenden Ausschlag der Polbewegung zur Folge haben, wenn nicht eine starke Dämpfung entgegenwirkt.

Abgesehen von diesem letzten Fall, in welchem eine Unterscheidung zwischen freier und erzwungener Schwingung überhaupt nicht gemacht werden kann, erscheint Amplitude und Phase der Newcombschen Bewegung immer konstant. Die Bahnen des Rotationspoles haben die Form von Epicykloiden, mit Schleifen oder Spitzen. Bewegt sich der Trägheitspol im Sinne der Erdrotation, so kehren gleichgeformte Bahnstücke nach 6,467 Jahren, im entgegengesetzten Falle schon nach 0,547 Jahren wieder.

Theoretisch liegt nun die Sache so, daß Amplitude und Phase der Newcombschen Bewegung immer konstant ausfallen muß, wenn sich die Bahn des Trägheitspoles durch eine endliche Zahl von periodischen Funktionen darstellen läßt. Gerade das ist aber bei den meteorologischen Vorgängen nicht der Fall; sie verlaufen viel zu kompliziert; eine Situation, die einmal da gewesen, kehrt überhaupt niemals wieder. Der Vorgang ist also nur beiläufig periodisch und gegenüber der jährlichen Periode bleibt immer ein Rest, der einen unregelmäßigen Einfluß auf die Bewegung der Erdachse hat. Dadurch wird gewissermaßen die laufende Schwingung immer wieder unterbrochen und durch eine neue mit anderer Amplitude und Phase ersetzt. Man kann sich dies etwa an einem Pendel versinnbildlichen. Wenn ein solches in seiner ruhigen Schwingung beständig durch kleine Stöße gestört wird, so wird es auch fortwährend Amplitude und Phase wechseln. Man wird aber dann aus den einzelnen Ausschlägen keineswegs mehr die richtige Schwingungsdauer erhalten. So ist es auch bei der Erde, und darum dürfen wir die Chandlersche Periode mit der Newcombschen nicht identifizieren.

Zur Newcombschen Periode könnte man nur dadurch kommen, daß man aus dem Massentransport selbst die Bahn des Trägheitspoles ableitet, wie ein solcher Versuch von *Schweydar* gemacht wurde, allerdings nur mit Mittelwerten für den Luftdruck, wobei sich aber doch eine den wirklichen Verhältnissen nahekommende Polbahn ergeben hat. (*W. Schweydar*, Zur Erklärung der Bewegung des Rotationspoles der Erde, Sitz.-Ber. d. preuß. Akad. d. Wiss. 1919, XX.)

Damit hat die Ungleichheit in der Chandlerschen Periode ihre Erklärung gefunden, gleichzeitig aber ergibt sich, daß wir noch weit entfernt sind, den richtigen Wert der Newcombschen Periode zu kennen.

The viscosity of the earth (*Harald Jeffreys*, Monthly Notices of the R. astronomical society, vol LXXV, LXXVI, LXXVII: London 1914—1917). Der Verfasser geht von dem Widerspruch aus, der sich ergibt, wenn man versucht, die Existenz der Newcombschen Periode der Polschwankung und die scheinbare Beschleunigung der Mondbewegung auf Grund der Darwinschen Theorie der Flutreibung aus den Festigkeitsverhältnissen der Erde zu erklären und kommt dabei zu Resultaten, die eine volle Bestätigung dessen bringen, was sich aus *Schweydars* Untersuchungen über die Polbewegung ergeben hat. Während nämlich die Darwinsche Theorie eine sehr bedeutende Flutreibung und damit einen hohen Grad von Viskosität des Erdkörpers voraussetzt, würde unter gleichen Bedingungen die Polbewegung schon in wenigen Tagen zur Unmerklichkeit herabsinken, ein Resultat, das mit den Beobachtungen unvereinbar ist.

Zur Erklärung dieses Widerspruches wird zuerst darauf hingewiesen, daß das Gesetz der Elastiko-Viskosität unrichtig sein könnte. Wenn man aber nicht annehmen will, daß die Reibung mit einer höheren Potenz der Geschwindigkeit wirkt, als mit

der ersten, was bei den kleinen Geschwindigkeiten nicht wahrscheinlich ist, so findet man hier nichts Brauchbares. Eine zweite Möglichkeit wäre die, daß die Konstanten der körperlichen Flut, die nach einer (dem Referenten leider nicht zugänglichen) Berechnung von *Michelson* eingeführt werden, unrichtig sind. Man müßte dann überhaupt eine andere Erklärung für die Beschleunigung der Mondbewegung suchen, die nach *Larmor* (On irregularities en the earth rotation, Monthly Notices vol. LXXV) in Verschiebungen von Massen auf der Erdoberfläche und damit verbundener Umlagerung der Wassermassen gefunden werden könnte. Andererseits ist die Beschleunigung der Mondbewegung selbst noch recht unsicher bestimmt, und es wäre wünschenswert, den diesbezüglichen Untersuchungen größere Genauigkeit zu verleihen. Soweit nur die Veränderung der Erdrotation in Frage kommt, muß sich die Erscheinung bei allen Gestirnen nach Maßgabe ihrer scheinbaren Geschwindigkeit zeigen, so bei der Sonne, Merkur und Venus. Eine neue Untersuchung dieser Frage rührt von *Glauert* her (The Rotation of the earth, Monthly Notices LXXV).

Endlich könnte die Chandlersche mit der Newcombschen Periode nicht identisch sein, mit anderen Worten: man müßte die Annahme fallen lassen, daß die beobachtete (Chandlersche) Periode aus der infolge der Nachgiebigkeit der Erde verlängerten Eulerschen Periode hervorgegangen sei; man könnte etwa annehmen, daß die Chandlersche Bewegung seismischen Ursprunges wäre. Dagegen spricht aber die Dauer ihrer Existenz und die Konstanz der Periode. Alle diese Erklärungen haben also wenig Wahrscheinlichkeit für sich.

Es gelingt, den Widerspruch zu beseitigen durch die Annahme eines neuen Aggregatzustandes der Materie. Es wird dem Begriff „elastisch-viskos" der Begriff „firmo-viskos" gegenübergestellt, den zuerst *Larmor* entwickelt hat.

Es sei F eine Kraft und S eine durch dieselbe hervorgerufene Verschiebung, dann ist für einen rein elastischen Körper:

$$n S = F,$$

wenn n der Koeffizient der Starrheit ist. Wenn F auf einen bestimmten Wert wächst, so erreicht S in der gleichen Zeit den Wert $\frac{F}{n}$. Geht F auf Null zurück, so verschwindet auch S und der Körper kehrt in den ursprünglichen Zustand zurück.

Für einen elastisch-viskosen Körper gilt die Gleichung

$$n S = F + \frac{1}{t_1}\int F \, \mathrm{d}\, t,$$

wo t_1 eine konstante ist.

Unter Einfluß einer konstanten Kraft steigt S sofort auf den Wert $\frac{F}{n}$, steigt aber dann noch weiter, um nach der Zeit T den Wert

$$\frac{1}{n}\left(F + \frac{1}{t_1}\int_0^T F \, \mathrm{d}\, t\right)$$

zu erreichen. Wird F wieder gleich Null, so nimmt S wieder ab, der Körper verbleibt aber endlich in einem Zustande der Verschiebung, gegeben durch

$$S = \frac{1}{n\, t_1}\int_0^T F \, \mathrm{d}\, t;$$

für einen firmo-viskosen Körper, endlich ist

$$n\left(S + t_2 \frac{\mathrm{d}\, S}{\mathrm{d}\, t}\right) = F.$$

Ist F wieder konstant, so findet man daraus:

$$S = \frac{F}{n}\left[t - e^{-\frac{T - T_0}{t_2}}\right]$$

Die Verschiebung nähert sich also asymptotisch dem Werte $\frac{F}{n}$; wenn aber F gleich Null wird, so verschwindet auch S wieder. Es bleibt also keine Verschiebung zurück. Man könnte auch beide Gesetze vereinigen und setzen

$$n\left(S + t_2 \frac{\mathrm{d}\, S}{\mathrm{d}\, t}\right) = F + \frac{l}{t_1}\int F \, \mathrm{d}\, t.$$

Die Verschiebung nähert sich dann asymptotisch dem Werte $\frac{1}{n}\left(F + \frac{1}{t_1}\int F \, \mathrm{d}\, t\right)$ und nach dem Verschwinden der Kraft bleibt die Verschiebung $\frac{1}{n\, t_1}\int F \, \mathrm{d}\, t$.

Wenn t_1 einen kleinen Wert hat (kurze Relaxationszeit), so kommt man auf obigen Widerspruch; es muß also t_1 groß, praktisch unendlich sein, und es bleibt somit der Fall der Firmo-Viskosität. Aus der Beschleunigung des Mondes ergibt sich $t_2 = 6^{\mathrm{m}}\,11^{\mathrm{s}}$, und wenn man diese Konstante bei der Polbewegung verwendet, so findet man die Lebensdauer der Eulerschen Bewegung von der Ordnung 10 000 Jahre, womit also ihre Existenz erklärlich wird.

Mit diesem Wert von t_2 gerät man nun neuerdings in Widersprüche, und zwar mit den Forderungen der Erdbebenwellen, deren Reichweite schon für $t_2 = 1$ außerordentlich beschränkt wäre. Verfasser meint, daß die Viskosität der Erde vielleicht auf einen kleinen Kern in der Mitte beschränkt sein könnte. Nach *Schweydars* Untersuchungen scheint dies nicht möglich zu sein; danach nimmt im Gegenteil die Starrheit gegen die Mitte sehr bedeutend zu.

Es bleibt also kaum etwas anderes übrig, als die Erde gegenüber allen diesen Kräften als vollkommen elastisch anzusehen, und für die Beschleunigung der Mondbewegung eine andere Ursache zu suchen. Dagegen wird es in dem Entwicklungsprozeß der Erde lange Perioden gegeben haben, wo die Konstante t_1 noch nicht so groß war, wo somit die Erde als elastisch-viskos gelten konnte. Damals mußte auch die Flutreibung bedeutend sein, und ihr Einfluß auf die Dauer des Tages und des Monats kam voll zur Geltung. Heute ist die Erde wohl nur gegenüber säkularen Kräften, wie sie z. B. durch eine Rotationsänderung der Erde ausgelöst werden und zu einer Änderung der Abplattung führen, als viskos zu betrachten.

Dieses Resultat ist in vollständiger Übereinstimmung mit den Ergebnissen, zu denen *Schweydars* Untersuchungen über „Die Polbewegung in ihrer Beziehung zur Zähigkeit und zu einer hypothetischen Magmaschicht der Erde" (Veröffentl. d. preuß. geod. Institutes Neue Folge 79), welche im 16. Heft des laufenden Jahrganges dieser Zeitschrift besprochen wurden, geführt haben.

Daß der Verfasser nur von „Versuchen" spricht, welche mit Horizontalpendeln gemacht wurden, von denen er sich aber keinen Erfolg verspricht, daß ihm somit die Fortschritte und Ergebnisse auf diesem Gebiete unbekannt geblieben sind, dürfte wohl den Kriegsverhältnissen zuzuschreiben sein. *A. Prey.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 33. (Seite 643—666) **13. August 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Verjüngung durch experimentelle Neubelebung der alternden Pubertätsdrüse von *E. Steinach.* Ein Referat von *H. Stieve, Leipzig.* S. 643.

Angewandte Geologie im Feldzuge (Kriegsgeologie). Von *J. Wilser, Freiburg i. Br.* (Mit 6 Abbildungen). S. 645.

Besprechungen:

Pauli, R., Ueber psychische Gesetzmäßigkeit, insbesondere über das Webersche Gesetz. Von *F. B. Hofmann, Marburg.* S. 656.

Pauli, R., Psychologisches Praktikum. Von *F. B. Hofmann, Marburg.* S. 657.

Hanffstengel, G. v., Technisches Denken und Schaffen. Von *Th. v. Kármán, Aachen.* S. 657.

Huyghens, Christian, Traité de la lumière. Von *M. v. Laue, Berlin-Zehlendorf.* S. 657.

Perrin, Jean, Die Atome. Von *E. Regener, Stuttgart.* S. 658.

Bornemann, F., Kohlensäure und Pflanzenwachstum. Von *Hugo Fischer, Essen.* S. 658.

Krehl, Ludolf, Pathologische Physiologie. Von *A. Pütter, Bonn.* S. 659.

Guggenheim, M., Die biogenen Amine und ihre Bedeutung für die Physiologie und Pathologie des pflanzlichen und tierischen Stoffwechsels. Von *A. Pütter, Bonn.* S. 659.

Zuntz, N., und A. Loewy, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Von *A. Pütter, Bonn.* S. 660.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin: Verlauf der Tagung eines Arbeitsausschusses. S. 660.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner Zweigverein): Die Physikalische Erklärung des beharrlichen Feldes des Erdmagnetismus. S. 661.

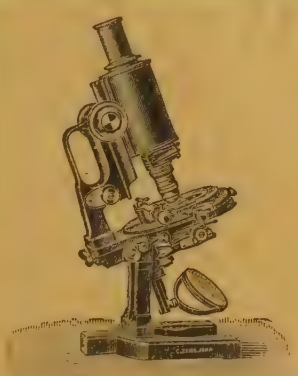
Botanische Mitteilungen. S. 661—663.

Neue phototropische Fundamentalversuche. Ueber die gegenseitige Schädigung und Förderung von Bakterien. Die Beeinflussung unterirdisch wachsender Organe durch den mechanischen Widerstand des Wachstummediums. Die geschlechtliche Tendenz der Keimzellen gemischtgeschlechtlicher Pflanzen. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Wasserleitungsbahn und Transpirationsverhältnissen bei Helianthus annuus.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 663—666.

Mechanisch-physikalische Probleme der Luftfahrt. Ueber die Selbstregeneration eines Enzyms nach Metallvergiftung. Zur Zerstörung der Gas- und Wasserleitungen in gipshaltigem Lehmboden. Ein bemerkenswerter Fall von Tierkreislicht.

ZEISS



Mikroskope

und mikroskopische Hilfsapparate

Paraboloid-Kondensor

für Dunkelfeldbeleuchtung

Lupen, Epidiaskope

Projektions-Apparate

Kleiner Projektionsapparat für Diapositive

Druckschriften kostenfrei

BERLIN HAMBURG CARL ZEISS JENA WIEN BUENOS AIRES

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 26.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1,50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,

Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Technisches Denken und Schaffen

Eine gemeinverständliche Einführung in die Technik

Von

Professor **G. v. Hanffstengel**

Mit 153 Textabbildungen

Gebunden Preis M. 15.—

(Siehe Besprechung auf Seite 657 dieser Nummer)

Wirklichkeitsblinde in Wissenschaft und Technik

Von

A. Riedler

Preis M. 5.—

(und Teuerungszuschläge)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 13. August 1920. Heft 33.

Verjüngung durch experimentelle Neubelebung der alternden Pubertätsdrüse von E. Steinach.

Ein Referat von *H. Stieve*, Leipzig.

Mit dem Problem der Verjüngung, der Verlängerung des Lebens, beschäftigt sich die neueste, dem Meister entwicklungsmechanischer Forschung *Wilhelm Roux* zu seinem siebzigsten Geburtstag gewidmete Schrift *E. Steinachs*, jenem Problem, dem die weitesten Laienkreise die größte Aufmerksamkeit entgegenbringen. Schon oft haben sich unsere bedeutendsten Biologen mit seiner Lösung beschäftigt, und immer kamen sie, zum Teil nach mühsamer Arbeit, zu der Erkenntnis, daß der natürliche Fortgang des Alterns, der mit unerbittlicher Folgerichtigkeit zum Tode führt, durch keinen Eingriff von Menschenhand aufgehalten oder für nennenswerte Zeit verschoben werden kann.

Steinach schließt seine Beobachtungen an seine früheren Untersuchungen über den Einfluß der Keimdrüsen auf die Gestaltung des Gesamtorganismus an. Als Versuchstiere wählt er Ratten, eine verhältnismäßig sehr kurzlebige Art, bei der die ersten Zeichen des Seniums häufig schon im Alter von 1½, spätestens von 2½ Jahren auftreten. Das Gewicht der Tiere nimmt ab, die Haare fallen am Hodensack und an anderen Körperstellen aus, die geschlechtliche Libido und Potenz wird, häufig bis zum völligen Schwund, vermindert. Das Tier verliert seine Beweglichkeit, gleichgültig gegen alles, ja sogar gegen das sonst stärkste Reizmittel, das brünstige Weibchen, verbringt es seine Zeit meist schlafend, frißt wenig und magert zusehends ab. Der Herzschlag ist verlangsamt, bei der Sektion erscheint das Tier fettlos, die Muskulatur schlaff, die Hoden sind klein, Samenblasen und Prostata verhalten sich wie bei Spätkastraten.

Diese Erscheinungen des Alterns treten bei dem einzelnen Tier nicht gleichzeitig auf, sondern meist langsam nacheinander; haben sie einen gewissen Höhepunkt erreicht, so ist das Tier rettungslos dem Tode verfallen. Anders solche Individuen, bei denen sich eben die ersten Anzeichen des Seniums erkennen lassen; durch eine einfache Operation gelingt es bei ihnen, die Jugendkräfte, die entschlummernden Leidenschaften neu zu wecken.

Ausgehend von der Annahme, daß die Erscheinungen des Alterns wohl hauptsächlich durch Veränderungen in der inkretorischen Tätigkeit der Keimdrüsen, durch den Ausfall der normalen Hormonabsonderung, bedingt seien, hat es *Steinach* versucht, die Keimdrüsen, speziell die Hoden, zu erneuter Tätigkeit anzuregen.

Der gewünschte Erfolg wurde durch eine einfache Operation erzielt, die ableitenden Samenwege, das Vas deferens, wurden unterbunden, beziehungsweise, da diese Operation schwer ohne Schädigung der den Hoden versorgenden Gefäße ausgeführt werden kann, so wurde eine Ligatur zwischen dem Hoden und dem Nebenhodenkopf angelegt. Im Anschluß daran stellt sich große Freßlust ein, das zum Skelett abgemagerte Tier wird voll, schwer und breit, überall sprießt junges Haar hervor, das ganze Fell wird dicht und glänzend. Die gebückte Haltung bessert sich, „das müde Auge öffnet sich, die Trübungen klären sich und die Augenmedien werden wieder durchsichtig und leuchtend". Die Geschlechtsorgane gleichen wieder denen eines jungen, vollbrünstigen Tieres, im ganzen Tier betätigt sich ein Rekonstruktionsvermögen wie zur Zeit des jugendlichen Wachstums, und dementsprechend sind auch psychische Veränderungen festzustellen, die Tiere werden lebhaft, die leichte Ermüdbarkeit verschwindet, der Geschlechtstrieb ist in alter Frische erwacht, der Coitus wird oft ausgeübt, „die frühere Impotenz verwandelt sich in stürmische Leidenschaft und stärkste Potenz".

Der Verjüngungsversuch gelingt auch bei nur einseitiger Unterbindung der ableitenden Samenwege, in diesem Falle wird nicht nur die Potentia coeundi, sondern auch die Fruchtbarkeit wieder hergestellt, der von solchen Tieren erzielte Nachwuchs ist gesund und weiter zur Zucht verwertbar.

Nach einiger Zeit bilden sich die neu erweckten Erscheinungen rasch zurück, die Tiere verfallen in schwerste Apathie und sterben in „psychischem Senilismus". Doch auch dieser Tod läßt sich noch hinausschieben, wenn dem Tiere die Hoden eines anderen, jugendlichen Individuums implantiert werden, stellen sich nochmals alle Erscheinungen, wie nach der Unterbindung der samenableitenden Gefäße ein. Auch bei weiblichen Tieren läßt sich durch Implantation der Ovarien eines artgleichen jungen Individuums eine Verjüngung erzielen, am besten eignen sich zur Übertragung die Eierstöcke viermonatlicher Tiere. Durch die Operation werden vor allem die senil atrophischen Eierstöcke des Versuchstieres zu neuer Tätigkeit angeregt, in ihnen entwickeln sich wieder Follikel, reife Eier werden ausgestoßen, und Hand in Hand damit gehen entsprechende Veränderungen am Körper, besonders an den sekundären Geschlechtsmerk-

malen, die den beim Männchen beobachteten entsprechen. Auch durch die Röntgenisation der Ovarien soll eine Verjüngung des alternden weiblichen Organismus bewirkt werden. „Die experimentelle Beeinflussung führt beim senilen Männchen wie Weibchen zum Aufblühen einer neuen Jugend bis zur Vollendung durch Zeugungskraft und Fruchtbarkeit."

Soweit die Angaben von *Steinach*, fast wörtlich stimmt die Schilderung der Erfolge seiner Operationen überein mit den Angaben anderer Autoren, die früher durch diesen oder jenen Eingriff eine Verjüngung erzielt haben wollen. Ich erinnere nur an die begeisterte Schilderung, die *Brown-Séquard* gibt von den am eigenen Körper ebenso wie an dem anderer Greise ausgeführten Hodenextraktinjektionen, durch die auch eine weitgehende Rückbildung der Alterserscheinungen erzielt wurde, ich erinnere an die beredten Worte, mit denen *Poehl* und mit ihm viele Ärzte die Wirkung des „Sperminum" priesen. Und doch hat sich bei genauer Prüfung aller dieser Methoden gezeigt, daß keine von ihnen imstande ist, den Vorgang des Alterns auch nur um Stunden aufzuhalten. Angesichts dieser Tatsachen ist es wohl angebracht, auch in der Beurteilung der Steinachschen Versuche zunächst Vorsicht zu bewahren. sie erstrecken sich nur auf wenige (5!) Einzelindividuen und haben zunächst nur gezeigt, daß beim Beginn des Seniums hier und da die ganz oder teilweise erloschene Geschlechtsfunktion wieder geweckt werden kann.

Das Altern selbst ist aber eine Erscheinung, die in der Abnützung *aller* Organe, nicht nur der Keimdrüsen, begründet ist, und deshalb werden wir niemals durch einen Eingriff, der nur die Keimdrüsen zu erhöhter Tätigkeit anregt, das Altern des gesamten Organismus aufhalten können. Ob durch den Eingriff tatsächlich *das Leben verlängert* werden kann, darauf kommt es wohl in erster Linie an, darüber wagt *Steinach* selbst keine Entscheidung. Der Eingriff weckt noch einmal jugendliche Kraft, allerdings nur für kurze Zeit, dann setzt ein um so rascherer Verfall ein. Schon diese letzte Tatsache allein läßt die Ausführung der Operation beim Menschen äußerst gewagt erscheinen. Die drei Fälle, die *Steinach* anführt, in denen die Unterbindung des Vas deferens bei Greisen ausgeführt wurde und zu einer Verjüngung führten, besitzen keine Beweiskraft, da die Operation stets in Verbindung mit einer anderen ausgeführt wurde, die ihrerseits eine Krankheit beseitigte und deshalb wohl für die gute Rekonvaleszenz verantwortlich gemacht werden kann.

Ja, wir können sogar jetzt schon sicher sagen, daß beim Menschen durch die vorgeschlagenen Maßnahmen keine Verjüngung erzielt wird. Die ein- oder doppelseitige *Unterbindung des Samenstranges* ist eine Operation, die schon sehr häufig bei alten Männern, zum Teil verbunden mit der Entfernung der Prostata, ausgeführt wurde, niemals aber konnte eine verjüngende Wirkung als Folge des Eingriffes beobachtet werden. Seit langem wenden ferner die Frauenärzte schon die *Röntgenisation der Ovarien* zur Heilung schwerer Uterusblutungen an, der Eingriff beseitigt das Leiden und bewirkt deshalb eine Besserung im Allgemeinbefinden, von einer verjüngenden Wirkung im Sinne *Steinachs* hat man aber bisher, trotz der großen Zahl der beobachteten Fälle, nichts bemerkt.

Wichtig sind jedoch in erster Linie die histologischen Befunde, denen *Steinach* leider, wie stets bei seinen Untersuchungen, nur ganz geringe Aufmerksamkeit zuwendet, von denen er sich aber doch zu weitgehenden Schlüssen verleiten läßt. Was die Ovarien betrifft, so gehen bei ihnen die Verjüngungserscheinungen am Körper Hand in Hand mit einem lebhaften Wachstum der Primordialfollikel, das Epithel vermehrt sich und es erscheint deshalb äußerst wahrscheinlich, daß die von den Keimzellen und Follikelepithelien ausgehende Inkretion für die ganzen Veränderungen verantwortlich gemacht werden muß.

Weit beachtenswerter sind die Befunde an den Hoden. Im senilen Testikel ist die Mehrzahl der Samenkanälchen verengt, ihr Epithel ist in Rückbildung begriffen. Die Zwischenzellen sind klein und atrophisch. Diese letzte Angabe entspricht allerdings nicht der sonst ganz allgemein festgestellten Tatsache, daß die Zahl und Größe der Zwischenzellen im senilen Hoden vermehrt ist, sei es nun tatsächlich oder nur relativ, als Folge der starken Verkleinerung der Samenkanälchen. *Tandler* und *Grosz* glauben ja, daß die Folge dieser stets zu beobachtenden Zwischenzellenvermehrung die bei Greisen häufig nachweisbare außergewöhnliche Steigerung des Geschlechtstriebes sei.

Nach der Unterbindung bilden sich zunächst die Samenzellen in den meisten Kanälchen zurück, während gleichzeitig die Zahl der Zwischenzellen zunimmt. Daß diese Zunahme großenteils durch die starke Verkleinerung der Samenkanälchen vorgetäuscht ist, geht aus den beigegebenen Abbildungen deutlich hervor. Die Rückbildungsvorgänge an den Samenzellen dauern jedoch nicht lange, bald beginnt das Kanälchenepithel zu regenerieren, die Spermatogenese setzt von neuem ein und führt zur Ausbildung reifer, befruchtungsfähiger Samenfäden, und zwar bei einseitiger Unterbindung nicht nur in dem Hoden, an dem die Operation ausgeführt wurde, sondern auch im nichtoperierten der anderen Körperseite. Das ist das wichtigste Ergebnis der ganzen Untersuchungen, daß durch die Vasektomie im senilen Hoden die Spermatogenese neu angeregt wird. Gleichzeitig mit der neuen Ausbildung der Samenelemente vollziehen sich entsprechende Umgestaltungen am Körper, gleich denen, die wir in der Zeit der Reife gleichzeitig mit der ersten Samenentwicklung beobachten können. Sinnfälliger ist noch durch keinen Versuch die un-

mittelbare Abhängigkeit der sekundären Geschlechtsmerkmale *von der Entwicklung der Samenzellen selbst* gezeigt worden, ihnen obliegt also offenbar die Absonderung des geschlechtsspezifischen Inkrets, so wie beim Weib den Ei- und Follikelzellen, nicht aber den Zwischenzellen.

Als Folge der Unterbindung der samenableitenden Wege kommt es im Hoden der senilen Ratte zunächst zu einer Sekretstauung, die wenigen noch vorhandenen reifen Samenfäden verbleiben im Körper und werden resorbiert. Als Folge dieser Stauungserscheinungen kommt es zunächst zu einer gewissen Atrophie der Kanälchenepithelien, die, wie ja die Untersuchungen *Kyrles* deutlich gelehrt haben, stets mit einer Vermehrung der Zwischenzellen einhergeht. Während aber, das zeigen die Arbeiten von *Bouin* und *Ancel*, beim voll funktionierenden Hoden die Sekretstauung so stark ist, daß sie schließlich zur völligen bindegewebigen Entartung des Hodens führt, hat der von ihr beim senilen Hoden ausgehende schwache Reiz offenbar zur Folge, daß schließlich die Spermatogenese erneut einsetzt. Im Anfang bewirkt die größere Menge der resorbierten Samenfäden, später die erhöhte, von den sich neubildenden Spermatozoen ausgehende Inkretion die erneute Ausbidung der sekundären Geschlechtsmerkmale.

Auch die in der Einleitung der Arbeit von *Steinach* geäußerten Ansichten über die Wirkungen der zwittrigen „Pubertätsdrüse" lassen sich ja mit den histologischen Befunden nicht in Einklang bringen, sind sie doch erst in jüngster Zeit durch *Romeis* und *Schminke* in überzeugender Weise widerlegt.

Die Zukunft wird erst lehren, inwieweit durch die Unterbindung der Vasa deferentia, durch die Übertragung von Keimdrüsen, tatsächlich eine Verjüngung oder Verlängerung des Lebens zu erzielen ist; aus den Steinachschen Versuchen schon bindende Schlüsse zu ziehen, wäre angesichts der vielen Enttäuschungen, die die Wissenschaft gerade auf diesem Gebiet erfahren hat, verfrüht. Auf jeden Fall aber bilden die Ergebnisse der Versuche einen kleinen Baustein für die Erkenntnis der verwickelten Inkretion der Keimdrüsen.

Angewandte Geologie im Feldzuge (Kriegsgeologie).

Von J. Wilser, Freiburg i. Br.

Das Gelände richtig auszunützen, ist eines der ältesten und wichtigsten Gesetze der Kriegführung. Der letzte große Feldzug mit seinen Stellungsanlagen, Minenkämpfen, rückwärtigen Befestigungen brachte es mit sich, daß zur vollen Ausnutzung des Geländes nicht mehr allein gehörte, Hügel, Täler, Wasserläufe, Wälder, Siedelungen usw. taktisch zu verwerten, auch die Verhältnisse des *Innern des Bodens* mußten in Rechnung gestellt werden. Es war durchaus nicht gleichgültig, ob Schützengräben und Unterstände in weiche Erde oder in harten Fels eingegraben wurden, ob der Boden auch bei schwerer Beschießung den erhofften Schutz gewährte, und ob die Anlagen trocken, wohnlich blieben oder mit der Zeit feucht und modrig wurden, verfielen und voll Wasser standen. Wieviel an Kampfkraft und Gesundheit konnte dem Frontsoldaten erhalten werden, wenn die natürlichen Verhältnisse des Erdbodens, der ebenso Angriffs- wie Schutz- und Trutzstätte war, richtig erkannt und verwertet, d. h. wenn für die Lage der Feldstellungen unter Wahrung der taktischen Erfordernisse auch die Untergrundseigenarten richtig in Rechnung gestellt wurden. Verschiebung der Linie, oft nur um wenige Meter, konnte aus den übelsten in die besten Bedingungen führen. Wenn auch mit hartem, festem Boden im allgemeinen selbst in den schwierigsten Fällen noch fertig zu werden war, blieben doch meist noch Mißstände infolge Auftretens von Wasser im Boden. Wasser war die Hölle für den Soldaten, aber nicht nur, wenn er es im Graben und Unterstand zu viel hatte, auch wenn es ihm zum Trinken und für andere Bedürfnisse mangelte. Im Boden steckt so gut wie überall Wasser, es muß nur rechtzeitig erkannt und erfaßt werden, sei es zwecks Nutzung oder Beseitigung.

Stellungsbau und Wasserversorgung ergaben sich also als erste Aufgabe der Anwendung geologischer Erfahrungen fürs Heer. Diese zwei Arbeitsgebiete der Kriegsgeologie blieben naturgemäß den ganzen Krieg über die hauptsächlichsten. Schon bald hatten sich ihnen aber verwandte, weitergreifende zugesellt, als wichtigstes die Unterstützung des *Minenkrieges*. Dabei handelte es sich nicht allein um die Bearbeitbarkeit und Wasserführung, denn Maschineneinrichtungen waren ohnehin nötig; die Kenntnis von Art und Lagerung der bei tiefen Eingriffen in den Erdboden anzutreffenden Schichten, und wie und wo man dem Feinde am sichersten zuvorkommen konnte, waren wichtigere Fragen. Der Gegner wühlte auch; wer sachgemäßer arbeitete, wer auf die Eigenheiten des Bodens vorbereitet war, gewann. Überraschungen durften nicht eintreten. Leitete z. B. das Gestein Arbeitsgeräusche leicht weiter, war der Minenstollen verraten, und strömten giftige Gase durch Poren und Klüfte, konnte sich kein Lebewesen mehr ungefährdet in der Tiefe aufhalten. Auch die *Bauten auf der Oberfläche* erforderten Rücksichten auf den Untergrund. Straßen, Bahnen, Flugplätze, Lager für Material und Menschen und Tiere, Bettungen für Brücken und schwere Geschütze u. a. m. stellten alle ihre eigenen Anforderungen an den Boden. Man erinnere sich ferner an die Ansumpfungen und Trockenlegungen, die als Hindernisse so bedeutsame Rolle bis zum Kriegsende spielten und an die große Zahl sich der Abwässerbehandlung anreihender hygienischer Fragen.

Alle diese gutachtlichen, beratenden Arbeiten mußten sich in erster Linie mit den Möglichkeiten befassen, wie durch die Bodenverhältnisse bedingte Schwierigkeiten zu überwinden waren, mit der Form der besten Anpassung. Die *Ausbeutung* und *stoffliche Verwendung* der Erdschichten ergaben weitere, nicht weniger vielseitige Tätigkeitsgebiete der Kriegsgeologie. Der Bedarf an Gesteinsmaterial für Wege-, Bahnbau u. ä., vornehmlich aber für Betonbereitung, stieg mit Beginn des Stellungskriegs von Monat zu Monat. Lange Zeit hatte man die nötigen mineralischen Rohstoffe weither, vielfach aus der Heimat geholt, bis geologische Gutachten dem Verbrauchsort nahegelegene Gewinnungsmöglichkeiten zeigten und so nicht nur die Zufuhrwege und -mittel entlasteten, sondern auch die heimischen Vorräte schonten. Die ursprüngliche Abhängigkeit der Front vom Mutterland verkehrte sich dann rasch ins Gegenteil, auch den heimatlichen Bedarf deckten nach Möglichkeit Bodenschätze der besetzten Gebiete. Gesteine, Erze, Kohle, Petroleum, Phosphate u. a. wanderten in erfreulichen Mengen in die Fabriken Deutschlands und seiner Verbündeten und gingen als Munition, Maschinen, Betriebsstoffe und Düngemittel wieder hinaus. Von Flandern bis nach Kleinasien hinunter wurden neue Lagerstätten erkundet und alte in Betrieb gesetzt.

Die Nutzung geologischer Erfahrungen für Arbeiten, bei denen Boden- und Wasserverhältnisse in Rechnung stehen, war nichts Neues, wohl aber die Vielgestaltigkeit der Anwendungsmöglichkeit für die Heeresbedürfnisse. Seit den Kämpfen vor Sebastopol und vor Port Arthur und seit den letzten Balkankriegen fand man in geologischen, technischen, militärischen und auch bürgerlichen Zeitungen des öfteren Stimmen, die die Nutzbarmachung der Geologie für das Heereswesen befürworteten. Insbesondere Major z. D. *Kranz* vertrat aus eigenen Erfahrungen bei Festungsbauten die Notwendigkeit der Eingliederung geologischer Fachleute in die Armee. Trotzdem breiteten sich 1914 die ersten Stellungsanlagen, als der Vormarsch stockte, lediglich nach taktischen Gesichtspunkten aus unter völliger Mißachtung der Bodenverhältnisse, also geologischer Vorbedingungen. Der Mißerfolg blieb auch nicht aus: das tiefere Ausschachten von Gräben und Stollen bereitete meistenorts ungeahnte, teils unüberwindbare Schwierigkeiten; Unterstände, anfänglich trocken und wohnlich, ersoffen der Reihe nach; Abwässer, Latrinenanlagen, Gräber verseuchten das Grundwasser und damit Quellen und Brunnen; die verschiedensten Anlagen rutschten an Gehängen in feuchter Jahreszeit mit dem Berg zu Tal oder was sonst des Unheils mehr war.

Nur der Beharrlichkeit Prof. *Philipps* und den unermüdlichen, erfindungsreichen Arbeiten weniger in der Front stehender Geologen ist es zu danken, wenn im Laufe des zweiten Kriegsjahres die für Kampf und Aufmarsch erforderlichen Erd- und Wasserarbeiten bei verschiedenen Truppenteilen unter Zuziehung von Geologen ausgeführt wurden, und daß dann im Laufe der Jahre 1916/17 eine das ganze Heer umfassende Organisation der Kriegsgeologie entstehen konnte, deren Nutzen und Notwendigkeit für die Kriegführung heute voll anerkannt ist.

Zwecks Bildung von Geologenstäben wurde das geologisch geschulte Personal zunächst der fechtenden Truppe entzogen, denn die Anforderungen an die körperliche Leistungsfähigkeit und an den persönlichen Mut kamen den an den Frontsoldaten zu stellenden gleich. Aus der Heimat meldeten sich ebenfalls Fachleute, so daß schließlich jede Armee ausgerüstet war, und fast alle geologisch Vorgebildeten als Kriegsgeologen — es waren mehrere hundert — bei der Waffe standen. Hoch- und Mittelschullehrer, Landesgeologen, Hydrologen, Bergleute, Tiefbautechniker, Brunnenbauer und Studenten gehörten zu diesen Geologenstäben, verwandt entsprechend der besondern Eignung als Leiter, Abschnittsgeologe, Sonderfachmann für Wasser o. a. oder als Gehilfe. Das Kriegsvermessungswesen, dem die Geologen militärisch angegliedert wurden, eignete sich vorzüglich als Stammtruppe, weil sie viele technische Hilfen bot und sich über alle Kriegsschauplätze ausdehnte und *alle* Truppengattungen unterstützte. Dazu kam noch, daß der Chef des Kriegsvermessungswesens, Oberstlt. im gr. Generalstab *Boelcke*, mit weitschauendem Blicke Nutzen und Notwendigkeit der Ausgestaltung des geologischen Dienstes erkannt hatte und ihn stets großzügig für alle Waffenarten förderte. Ein Anschluß der Kriegsgeologie an die Pioniere, für den selbst Geologen bis zum Ende des Feldzuges warm eintraten, hätte niemals die vielseitige Betätigungsmöglichkeit der Heeresgeologen gewährleistet; dort wären sie wohl bald im Pionierdienst aufgegangen, und die andern Truppen, die in viel umfangreicherem Maße Erdarbeiten verrichteten, also geologischen Rat nötig hatten, wären wieder auf sich angewiesen gewesen. An Selbständigkeit der Geologen als Truppengattung war ihrer geringen Zahl wegen nicht zu denken.

Grundlagen. Schon der Vergleich der verschiedenen Kriegsschauplätze lehrte den Soldaten, daß der Boden sehr unterschiedlich aufgebaut ist. Das Grundgebirge der Vogesen bot für Erdanlagen ganz andere Bedingungen als das benachbarte lothringische Stufenland mit seinen wechselnd harten und weichen Schichtgesteinen. Von dort über die Maashöhen hinweg blieben die allgemeinen Verhältnisse ähnliche, um im mittleren und nördlichen Ostfrankreich wieder neuen eigenen Gesteinsarten Platz zu machen. Im ganzen steht der geologische Aufbau des westlichen Kriegsschauplatzes — ein Gebiet langdauernder ehemaliger Meeresbedeckung, also mehr oder weniger gleichmäßiger Ablagerungen — in einem starken Gegensatze zu dem des östlichen Stellungskriegsgebietes. Dort lagern sich bunt durchein-

ander Sande, Kiese, Lehme, Mergel von verschiedenster Art und Dicke, alles Schutt, den Gletscher und Schmelzbäche zur Diluvialzeit von der Ostsee bis nach Südrußland hinunter aufgeschüttet haben.

Ähnlich wie die Gesteine in ihrer horizontalen Ausdehnung ändern, so wechseln sie auch nach der Tiefe zu. Ein Graben, der in weiche Lehme oder Sande einschneidet, trifft in tieferen Lagen u. U. auf feste Tone oder Mergel, ein angehängter Stollenbau bringt harte Kalke zutage, ein Minengang u. U. Massengesteine. Für weite Gebiete, so auch für die ehemalige Westfront, ist die Tiefenfolge der Schichten in den Hauptzügen gesetzmäßig, so daß die geologische Betrachtung vorauszusagen vermag, welches Gestein in 2, 4, 6 usw. m unter oder über dem folgt, in dem man arbeitet. In Fluß- und Diluvialaufschüttungen aber findet sich keine gesetzmäßige Lagerung; Lehme, Sande u. a. lösen einander nach allen Richtungen scheinbar willkürlich ab, infolgedessen Voraussage über die bei Erdarbeiten anzutreffenden Gesteins- und Wasserverhältnisse meist nur auf Grund genauer örtlicher Untersuchung mittels Handbohrer möglich ist. Ein Vorzug solcher Gesteine liegt darin, daß ihnen beträchtlichere Veränderungen der ursprünglichen Lagerung durch Hebung oder Senkung einzelner Teile der Erdkruste an Verwerfungen fehlen, während Störungen in älteren Gesteinen überall auftreten, sogar den Ausschlag für die heutige Lagerung geben, so daß dort Aufsuchen solcher Linien eine Hauptarbeit ist, zumal vornehmlich an ihnen Wasser im Boden kreist. Äußerlich schon verraten sich solche Verwerfungszonen oft durch Wasseraustritte, häufig auch durch unvermittelte Knicke in den Bergformen. Die äußere Gestalt des Geländes erleichtert wohl allgemein die Erkennung der Lagerung der Gesteine, andererseits aber erschwert den Einblick die nirgends fehlende Schuttbildung, die besonders ebene und schwachgeneigte Flächen und den Fuß der Gehänge als lehmiger oder sandiger Mantel bekleidet, so daß das anstehende, d. h. das frische Gestein nirgends zutage kommt.

Nicht allein die Art und Lagerung des Gesteins im Boden, ob Sand oder Ton oder Kalk, ob weich, ob hart, ob dick- oder dünngeschichtet ist wichtig; ebensoviel, wenn nicht noch mehr Beachtung verdient der Wassergehalt des Bodens. Sämtliche Gesteine enthalten Feuchtigkeit, die wohl alle aus der Luft stammt. Sie sinkt ihrer Schwere folgend je nach der Weite und Zahl der Hohlräume im Gestein schnell oder langsam, wenig oder beträchtlich in die Tiefe, bis sie auf einen Widerstand stößt, der in einer dichten, keinerlei Wasser aufnehmenden Gesteinslage gegeben ist. So entsteht in durchlässigen Schichten *Grundwasser*. Es liegt im Boden oder Berg in dem durchlässigen *Wasserträger* (Sande, Kiese, alle klüftigen Gesteine) auf dem undurchlässigen *Wasserstauer* (Tone, Mergel, alle dichten Gesteine). Die Oberfläche des Grundwassers heißt *Grundwasserspiegel*; er hat in weitmaschigem Gestein ziemlich ebene Gestalt oder doch nur schwaches Gefälle nach Flüssen und Bächen hin, in schwerer durchlässigem Gestein jedoch steigt er infolge der Kapillarwirkung der einzelnen das Gestein zusammensetzenden Körnchen stark an, so daß er eine ähnlich gekrümmte Gestalt aufweist wie die Bergrücken selbst. In Ruhe verharrt der Spiegel natürlich nicht; die Wasserteilchen streben einer tiefsten Lage zu, so daß ein dauerndes Fließen stattfindet von wenigen Zentimetern bis zu vielen Kilometern im Tage, je nach der Durchlässigkeit des Gesteins.

Zur Veränderung des Grundwasserspiegels trägt naturgemäß der Wechsel in den Niederschlägen bei. Steigen und Fallen sind natürliche, mehr oder weniger periodische Erscheinungen. Auch künstliche Hebungen und Senkungen sind möglich infolge künstlicher Ableitung oder künstlicher Zufuhr reichlicherer Wassermengen.

Findet sich ein mehrfacher Wechsel von Wasserträgern und -stauern übereinander, so entstehen mehrere Grundwasserlagen, Grundwasser*stockwerke* (vergl. Fig. 1) und, wo diese vom Gehänge angeschnitten werden, mehrere Quellhorizonte.

Damit kommen wir zu der wichtigsten Bedeutung des Grundwassers, zu seinem Werte als Reservoir für die *Wasserversorgung*. Alle Quellen und Brunnen, auch städtische Leitungen, nehmen ihren Bedarf aus dem Grundwasser. Da es aus Niederschlägen stammt, also durch den Boden gesickert ist, enthält es leicht Verunreinigungen, außerdem strömen ihm allerlei Abwässer aus menschlichen Anlagen und schädliche Bestandteile aus dem Gestein selbst zu. Soll dieses unterirdische Wasser als Trinkwasser Verwendung finden, ist die wichtigste Forderung, daß es keine gesundheitsschädlichen Beimengungen enthält. Bekanntlich werden Cholera-, Ruhr- und Typhusbazillen durch Wasser übertragen; böse Gefahren für ein Heer! Die Erdschichten vermögen solche Keime im Wasser unschädlich zu machen, entweder durch Seihwirkung äußerst feinporigen Gesteins oder durch Abschluß vom Luftsauerstoff. Also der Weg des Wassers von seinem Einsickerungsort bis zur Entnahmestelle ist von größter Bedeutung für die Verwendungsmöglichkeit.

Außer Ausdehnung und Wassergehalt der Bodenschichten beeinflußt den Verlauf der Erdarbeiten auch der Grad der *Bearbeitbarkeit*, d. h. des Widerstandes, den der Boden dem Eindringen der Werkzeuge entgegensetzt. Weiche, lockere, unverbundene Gesteine wie Sand, Kies, Grus und Lehm sind mit Schaufel und Hacke zu

[1]) Vergl. diese Zeitschrift, III. Jahrg. 1915, Seite 425—429. *E. Hennig*, Geologisches vom westlichen Kriegsschauplatze.

bewältigen, harte, feste, verkittete wie Kalk- und Sandsteine und Massengesteine hingegen nur mit Brecheisen oder Sprengmitteln. Im allgemeinen gilt, daß oberflächliche Lagen leichter zu bearbeiten sind als die tieferen, bergfeuchte besser als ausgetrocknete, geschichtete und geklüftete einfacher als kompakte. Daher sind die erforderliche Arbeitszeit und das nötige Gerät für verschiedene Stellen meist recht unterschiedlich, was nicht unwesentlich für Voranschläge über Baudauer und -kosten ist.

Diese hängen ferner ab von der *Standfestigkeit* der Schichten. Übertrifft in einem Gestein der innere Zusammenhalt die Schwerkraft, steht es auch in steilen Anschnitten fest, andernfalls rutscht es zusammen, um erst in einem, jedem Gestein eigentümlichen, Böschungswinkel zur Ruhe zu kommen. Unverwitterte und schwer bearbeitbare Gesteine stehen selbst in senkrechten Wänden sicher, an allen verwitterten und unverkitteten aber bröckeln Vorsprünge und Kanten ab, allmählich folgen die Wände nach und das ganze Erdwerk verfällt. Feuchtigkeit beschleunigt den Vorgang, besonders wenn quellender Ton vorhanden ist. Ganze Gehänge geraten so ins Rutschen.

Während die bisher erörterten Eigentümlichkeiten des Bodens ebenfalls für Friedensanlagen in Betracht kommen, wirkten auf die kriegsmäßigen Bauten auch die Eignung des Bodens zur Weiterleitung von natürlichen oder künstlich eingeführten giftigen Gasen und von Arbeitsgeräuschen, ferner von elektrischen Strömen der Erdtelegraphenapparate und andere Eigenarten mehr.

Anwendungsgebiete[1]). Die erwähnten Eigenschaften der Gesteine, Art und Lagerung, Wasserführung, Bearbeitbarkeit, Standfestigkeit usw. gaben die wesentlichsten Grundlagen für kriegsgeologische Beratungen. Diese bezogen sich auf alle Arbeiten, die mit dem Boden irgendwie zu tun hatten, in erster Linie auf den Stellungsbau. Beim Angriff wurde miterstrebt, selbst in geologisch möglichst günstige Verhältnisse zu gelangen, den Feind aber in nachteilige zu drängen. Lag die Linie fest, so mußte man sich mit gegebenen Verhältnissen zurechtfinden wie es ging; konnte die Lage der Erdbauten aber sorgsam ausgesucht werden, wie z. B. bei Reservestellungen, arbeiteten Taktiker, Pionier und Geologe den Bauplan gemeinsam aus, indem die geologische Begutachtung erläuterte, ob an einer gewünschten Stelle gebaut werden konnte und mit welchen Schwierigkeiten, indem sie Ratschläge zu deren Beseitigung gab, nötigenfalls zur Verschiebung der geplanten Linie, ferner berechnete, welche Aufwendungen an Kräften, Gerät und Zeit für die Arbeit erforderlich, und welche Baustoffe aus der Nähe zu beschaffen waren. Zur leichteren Übersicht halfen besonders

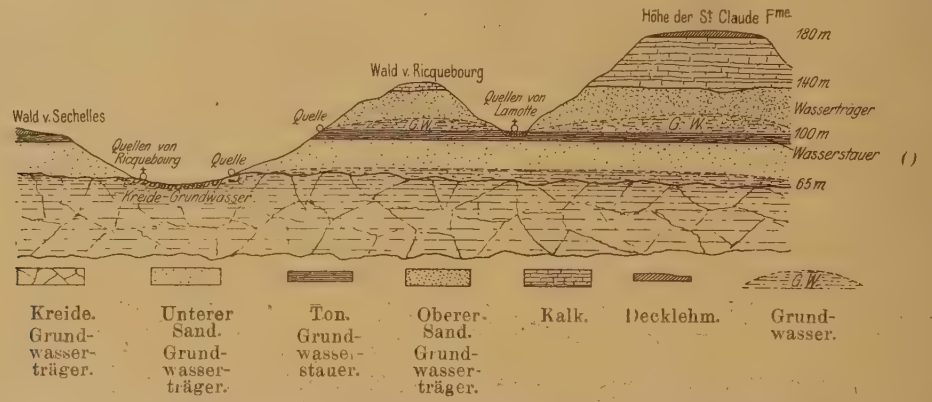


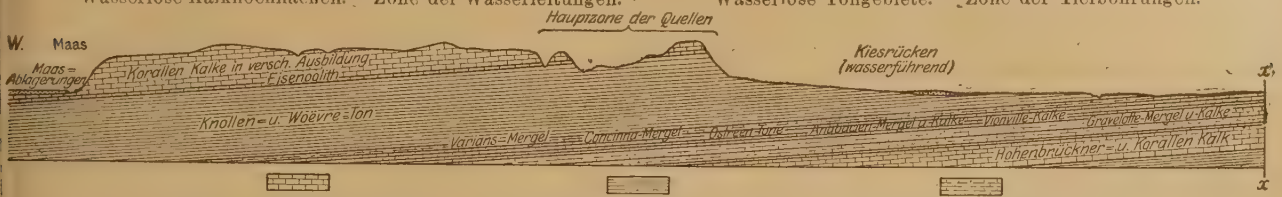
Fig. 1. Geologischer Schnitt durch die Höhen von Ricquebourg-Mareuil.
(Zeigt das Hauptgrundwasser [in der Kreide] und ein höheres Grundwasserstockwerk.)

angefertigte geologische Karten, die mit Farben die für Gräben oder andere Anlagen mehr oder weniger geeigneten Gebiete unterschieden.

Beim *Grabenbau* stellte die Bearbeitbarkeit im allgemeinen kaum Schwierigkeiten in den Weg, denn die Verwitterung hatte fast überall festes Gestein meist ausreichend tief zermürbt. War die Festigkeit des Anstehenden an einer Stelle besonders hoch, umging man sie möglichst, da Sprengen viel Arbeit und Aufsehen machte, und Splitterwirkung einschlagender Geschosse auf solchem Gestein nachteilig groß war. Allerdings hielten in diesen Böden die Grabenwände jeder Witterung stand, während sie in unverfestigtem Erdreich leicht verfielen. Besonders tonige, lehmige Partien waren gefährlich, weil sie trocken gute Standfestigkeit vortäuschten, durchnäßt aber quollen, rutschten und jede Abstützung oder Verkleidung zur Seite drückten. Ansammlungen von Wasser in Tümpeln, Bächen oder Seen durften in der Nähe von Erdwerken nie geduldet werden, weil unterirdische Rinnsale an Wurzeln und Wühlgängen, an Spalten und Poren immer Wege nach den Gruben und Gräben fanden und diese verschlammten und verdarben. Ableitung sowohl

[1]) Vergl. diese Zeitschr. III. Jahrgang, 1915 Seite 1—6 und 101—110. *F. Frech*, Die Naturwissenschaften im Kriege.

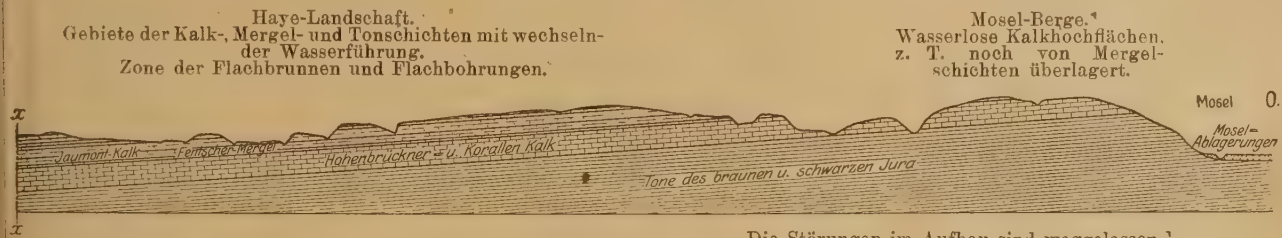
Schematische Darstellung des geologischen Baues des Gebietes zwischen Maas und Mosel.



Bankig geschichtete oder ungeschichtete, mehr oder weniger klüftige Kalke, stark durchlässig, schwer, z. T. sehr schwer bearbeitbar.

Magere Tone, an der Oberfläche verwittert u. schwachdurchlässig, in der Tiefe dicht u. wasserundurchlässig, leicht bis mittelschwer bearbeitbar.

Mergelkalk, Mergel und Tonmergel, z. T. mit Kalkbänken durchsetzt, wechselnd durchlässig, mittelschwer bearbeitbar.

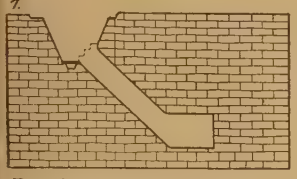


Die Störungen im Aufbau sind weggelassen.

Wie aus dem Schnitt ersichtlich ist, kehrt ein beständiger Wechsel von Kalken, Mergeln und Tonen wieder, also von leicht-, schwer- u. undurchlässigen Gesteinen. Für den Stellungsbau ergaben sich daraus im wesentlichen folg. acht Möglichkeiten:

Im *Kalk*

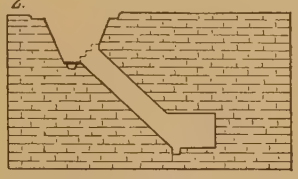
1.



Der durchlässige Kalk leitet eindringendes Wasser in größere Tiefen ab; Gräben und Stollen bleiben daher trocken. Die Standfestigkeit ist gut; die Bearbeitbarkeit des Gesteins schwer, z. T. sehr schwer. Entwässerungsmaßnahmen nicht notwendig.

Im *Mergel*

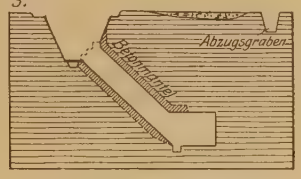
2.



Der schwerdurchlässige Mergel leitet eindringendes Wasser nur sehr langsam ab. Graben und Stollen sind daher feucht. Standfestigkeit gering; Bearbeitung mittelschwer. Art der Entwässerung für Gräben: nivellierte Abzugsgräben auf der Grabensohle. Für Stollen: Pumpen oder Heberanlage.

Im *Ton* mit verlehmter Kiesdecke

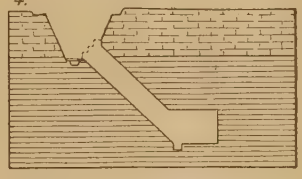
3.



Die verwitterte Oberflächenschicht läßt Wasser eindringen, das sich auf den tieferen unverwitterten Lagen staut und den Ton aufweicht: Gräben verschlammen, Stollen ersaufen. Art der Entwässerung: nivellierte Abzugsrinnen — Entwässerungsgräben rings um die Anlage — Abdichtung der Schleppschächte durch Stampfbeton und Verputz.

Im *Mergel* und *Ton*

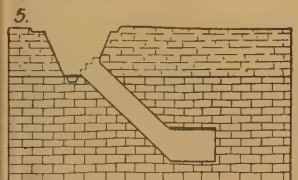
4.



Die überlagernden Mergel verhalten sich im wesentlichen wie die verwitterten Tonlagen; es kehren dieselben Verhältnisse wieder wie bei Fall 3 und die dort anzuwendenden Entwässerungsmaßnahmen.

Im *Mergel* und *Kalk*

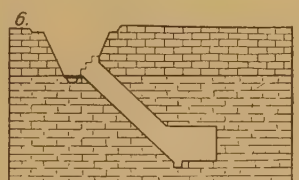
5.



Eindringendes Oberflächen- und Sickerwasser kann auf der Grabensohle u. im Stollen versickern. Graben u. Stollen daher trocken. Grabenränder neigen zu Rutschungen. Art der Entwässerung: Reinhalten der Grabensohle — Wellblech oder Dachpappe über der Stollendecke gegen Tropfwasser.

Im *Kalk* und *Mergel*

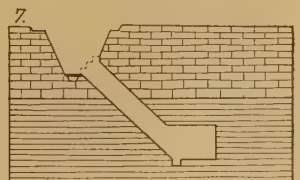
6.



Das Wasser dringt durch die Kalke ein, staut sich auf dem Mergel und dringt in den Stollen. Stollen daher naß und wenig standfest. Trockenhaltung der Anlage sehr schwierig, Entwässerung nur durch Abzugsgraben, Pumpen oder Heber möglich.

Im *Kalk* und *Ton*

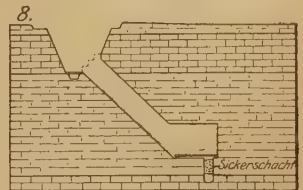
7.



Der Graben ist trocken und standfest. Der Stollen hat stark unter Wasser zu leiden, das sich auf der Grenze von Kalk und Ton staut. Art der Entwässerung: Abdichtung des Schleppschachtes wie bei Fall 3, sonst Pumpen- oder Heberentwässerung.

Im *Lehm*, *Kalk* u. *Mergel*, unterlagert von *Kalk*

8.



Die Stellung leidet infolge des Schichtenbaues unter Wasserandrang u. mangelnder Standfestigkeit. Entwässerung ist indessen durch Anlage eines Sickerschachtes auf der Stollensohle möglich.

Fig. 2. *Verhalten von Stellungsbauten in verschiedenen Gesteinsarten* (nach Dr. *Wanderer*).

des von oben als des von unten zulaufenden Wassers war in jedem Boden nötig, und zwar unter Zugrundelegung der Erfordernisse der Regenzeit und Schneeschmelze. Es schlummerten doch große Gefahren im Boden, auch wenn das Werk beim Bau trocken und der Grundwasserspiegel beträchtlich unter der Grabensohle stand; daher wurden gleich von vornherein verschiedenartige Vorsichtsmaßnahmen wie rinnenförmige Vertiefungen im Graben selbst, Belegen dessen Sohle mit Kies, Steinschlag, Reisigbündeln, Dränagerohren u. a. angeordnet, um das Wasser tieferen, belanglosen Stellen zuzuleiten. An Hängen oberflächlich herabrinnendes hielten in einiger Entfernung von der Baustelle ausgehobene flache „Abfanggräben" fern.

Von noch erhöhterer Bedeutung waren die Fragen des geringen Arbeitsaufwandes, der Standfestigkeit und der Trockenhaltung für *Unterstandsbauten*. Schußsichere Anlagen hatten ihre Sohle 10 m unter Boden, bombensichere 12 m, sie erforderten also beide beträchtliche Erdbewegungen und waren Wassergefahren infolge der Tiefenlage in größerem Umfange ausgesetzt. Aus Fig. 2 ergeben sich die verschiedenen Baubedingungen z. B. für das Juragebiet Lothringens. Auf Nr. 8 der Zeichnungen möchte ich besonders verweisen, da sie die einfache und bewährte Methode der „Sickerschächte" zeigt, die überall, auch in Gräben und Gruben, anwendbar ist, wenn tiefer wasseraufnahmefähiges, durchlässiges Gestein auftritt. Im kleinen ahmen sie das nach, was uns die große Naturerscheinung der Flußversinkungen vormacht. Allerdings muß im Schachte für Reinhaltung der wasserschluckenden Lage gesorgt sein, sonst verstopfen sich deren Poren, es versickert kein Wasser mehr und der Boden versumpft, wenn nicht für andere künstliche Ableitung durch Pumpen, Heber usw. gesorgt wird.

Eine besondere Gefahr erwuchs Stellungsbauten durch artesisch gespanntes, d. h. von seinem Einzugsgebiet her unter Druck stehendes Wasser. Schnitt man eine solche Lage an, so stieg der Spiegel wie in kommunizierenden Röhren an und überflutete alles. Diese Geister, die man rief, wurde man selten wieder los, es sei denn, daß man sie für Nutz- oder Trinkwasser dienstbar machen konnte. Beim Graben eines Sickerschachtes traf man häufig solch gespanntes Wasser und erreichte bei unvorsichtigem Vorgehen das Gegenteil vom Beabsichtigten, Überflutung eines ganzen Stellungsstückes statt Entwässerung. An solchen Fällen zeigte sich die Bedeutung geologischer Beratung am augenfälligsten.

Ist das Wasser aus Gräben und Stollen entfernt, so sind seine Schädigungen doch noch nicht immer beseitigt, weil es unter Umständen an entfernten Stellen wieder einsickert und dort die gleichen Nöte bringt. Wie oft kam es anfänglich im Feldzuge vor, daß Unterstände in dauerndem Betriebe ausgepumpt wurden; aus den Ableitungsgräben floß das Wasser aber auf Umwegen in die Stollen zurück — eine wahre Danaidenarbeit! — oder es ertränkte benachbarte Anlagen. Konnte dem Feinde durch abgeleitetes Wasser dieses Mißgeschick zugefügt werden, so wurde es natürlich versucht. In keinem Falle von Entwässerungsarbeiten durfte jedoch die Rückwirkung auf Grundwasservorräte, die eigene Brunnen speisten, vernachlässigt werden; Versiegen und Verseuchen des Trinkwassers waren sonst keine seltenen Erscheinungen!

Die beim Graben- und Stollenbau angewandten Vorsichtsmaßregeln und Berechnungen kamen beim *Minenkrieg* in noch weiterem Maße zur Geltung, denn dieser griff weit in die Erde ein, Anlagen erfordernd, wie sie im Bergbau gebräuchlich sind. Die geologische Beratung bezog sich auf Lagerung, Standfestigkeit, nötige Arbeitszeit und -geräte, Wasserführung und Schall- und Gasleitung. Genaueste Kenntnis des Baues der ganzen Gegend war Vorbedingung zu erfolgreichem Unternehmen. Fig. 3 zeigt, wie ein Minenstollen, der zur Sprengung der feindlichen Stellung *E* führen sollte, wohl richtig in den verhältnismäßig weichen, die Arbeitsgeräusche gering leitenden, dichten, trockenen Mergeln und nicht in den darüberliegenden harten, wasserhaltenden Kalken, obgleich sie näher am Ziele lagen, getrieben wurde. Durch unsachgemäßes Vorgehen schnitt man jedoch das oben liegende Grundwasserstockwerk an, das sich mit Macht in den Stollen ergoß und Menschen und Arbeit ertränkte.

Berühmtheit haben die großen englischen Minensprengungen vom Frühjahr 1917 im Wytschaetebogen erreicht. Dort verliefen, wie Fig. 4 schematisch darstellt, die eigenen und die feindlichen Stellungen im mergeligen, sandigen Panisélien, unter dem eine ca. 10 m mächtige wassererfüllte Schwimmsandschicht und dann der mächtige feste Ypernton folgten. Der Deutsche strengte sich gewaltig an, dem Gegner mit Minenstollen beizukommen, setzte diese aber fast ausschließlich im Panisélien an, das an und für sich kaum schlechte Arbeitsbedingungen bot. Doch der Engländer minierte, wie sich bald herausstellte, auch, und da ein Hauptgebot des Minenkrieges war, den Feind auf alle Fälle zu *unterfahren*, mußten unsere eigenen Stollen tiefer, als beabsichtigt, gehen, also die Schwimmsandschicht anschneiden. Dort war kein Vorwärtskommen mehr, also eine völlige Neuanlage nötig. Inzwischen hatte der Engländer in völliger Deckung weit hinten großzügig unmittelbar im Ypernton mit Bergarbeiterkompagnien und Maschinen gearbeitet, so wohl einen größeren Weg in Kauf genommen, aber die mißlichen Verhältnisse der Schwimmsandlage vermieden. Bis an deren Sohle wühlte er sich zu unseren Stellungen heran und fügte uns dort die schmerzlichen Verluste bei, die in unser aller Gedächtnis unvergeßlich bleiben.

Neben den nachteiligen Wirkungen des in der Erde auftretenden *Wassers* wurde bereits wiederholt auf dessen *wirtschaftlichen Nutzen* hingewiesen, wenn die Vorräte richtig erkannt, vor Verunreinigungen geschützt und dem menschlichen Bedarfe dienstbar gemacht wurden. Wasser gehört zur täglichen Nahrung. Im Feldzuge war die stärkste Stellung, der geschützteste Lagerplatz auf die Dauer wertlos ohne Wasser. Vormarschbewegungen gerieten ins Stocken, wenn es ausblieb. Die Eroberung der größten Teile Abessiniens und der Sahara verdankten Engländer

Die wichtigste Frage, die der Reinheit, ist schon aus äußerlichen Merkmalen, wie Farbe, Wärme, Geruch, Geschmack und Ein- und Ausflußort annähernd zu beurteilen; sichern Anhalt ergeben jedoch nur bakteriologische und hygienische Untersuchungen. Zunächst waren alle vorhandenen Wasserstellen zu prüfen, schlechte auszubessern oder zu schließen oder Schutzgebiete zu umgrenzen, dann neue Anlagen zu bauen. Die Ansicht, Wasser sei überall im Boden zu finden, ist völlig irrig; und selbst, wo es auftritt, eignet es sich nicht unmittelbar in jedem Falle zum

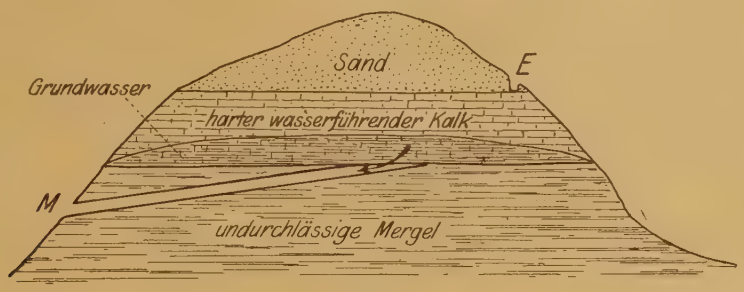


Fig. 3.
Der Minenstollen *M* schneidet das Grundwasserstockwerk an der Grenze von den Mergeln nach dem Kalk an und ersäuft.

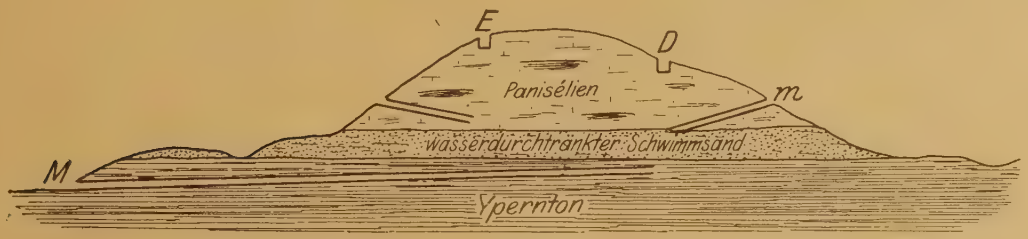


Fig. 4. Minenkrieg am Wytschaetebogen im Frühjahr 1917.
Der deutsche Minenstollen *m* bleibt im Schwimmsand stecken, während der englische *M* wohl auf längerem aber geeigneterem Wege sein Ziel erreicht.

und Franzosen mehr ihren neuen Brunnen als ihren Waffentaten!

Die Versorgung des Kriegsgebietes mit gesundem *Trinkwasser* stellte Aufgaben, die nur unter Beiziehung geologischer Erwägungen richtig durchzuführen waren, denn so groß wie der Bedarf zeigten sich auch die Gefahren. Die Abfallstoffe eines großen Heeres, Latrinen, Gräber, Sickerschächte, Wirtschaftsanlagen sandten Abertausende von schädlichen Keimen in den Boden. Wenn benachbarte Schachtbrunnen, wie es im Kreidegebiet der Pikardie und des Artois geschah, teils als Trinkwasserspender, teils als Müll- und Dunggruben benützt wurden, so zeigte das erschreckend deutlich, wie wenig Vorstellung über den Wasserhaushalt beim Soldaten vorhanden und wieviel Aufklärungsarbeit nötig war. Es wurde daher angestrebt, in jedem Armeebereich die gesamte Wassergewinnung unter die Aufsicht einer bodenständigen Kommission aus 1 Hygieniker, 1 Techniker und 1 Geologen zu stellen.

Trinken. Gerade „Quellwasser“ und Wasseradern, die die Truppe mit Vorliebe aufsuchte, sind meist nicht hygienisch einwandfrei. Im Einzugsgebiet und unterwegs empfängt das Wasser Unreinigkeiten, die um so weniger verschwinden, je oberflächlicher und je schneller es den Boden durchrinnt. Am geeignetsten erweist sich Grundwasser aus tiefer liegendem, feinporigem Gestein; auf dieses griffen nach Möglichkeit alle Versorgungen zurück[1]).

[1]) Trotz zahlreicher Meldungen ist mir in meiner nahezu zweijährigen Tätigkeit als Bearbeiter der Kriegsgeologie im Stabe des Kriegsvermessungschefs im Gr. H.-Qu. kein Fall bekannt geworden, in dem Wasser erfolgreich und einwandfrei nach Angabe von *Wünschelrutengängern* erschlossen worden wäre. Die häufigen „Erfolge“ auf dem östlichen Kriegsschauplatze erklären sich einfacherweise daraus, daß in Diluvialschichten das Grundwasser meist flächenhaft ausgebreitet ist und daher naturgemäß an unendlich vielen Stellen erbohrt werden kann. Von der Westfront waren die Nachrichten über angebliche Erfolge entsprechend dem andersartigen geologischen Aufbau spärlich.

Leitungen bewährten sich nur in rückliegenden, ruhigen Gebieten; dort wurden ganze Städte (Mitau, Kowno, Laon) und Landstriche (Woëvre) neu versorgt. Die Kampfzonen hingegen verlangten Einzelwasserstellen, die durch Fassung von Quellausflüssen oder durch Schachtungen oder durch Bohrungen für jeden Bedarfsfall örtlich gewonnen wurden. Der Abessinierbrunnen ließ sich nur in lockerem, nicht zu feinem und nicht zu grobem Gestein bis ca. 7 m Tiefe verwenden, in keinem Fall in harten mächtigen Gesteinen, wie es die Truppe immer wieder versuchte. Wo es anging, versah man Unterstände oder sonstige Zufluchtsstätten mit eigenem Bodenwasser (Fig. 5).

Da Karten für Stellungsbauten die Grundwasserverhältnisse immer mitzeichneten, gaben solche Darstellungen auch für Wasserversorgungs-

Fig. 5. Unterstand mit eigener Wasserversorgung.

fragen Rat. Wenn es aber Zeit und Arbeitskräfte gestatteten, wurden besondere Wasserkarten aufgenommen, die genaue Lagerung, Reichtum und Güte und Verunreinigungsmöglichkeiten aller Wasservorräte aufführten und dabei die Gebiete nach ihrer Eignung für Abessinier oder Schachtungen oder Bohrungen abgrenzten. Solche Karten vermittelten sachgemäße Beratung, auch wo der Hygieniker oder Geologe nicht persönlich helfen konnte, insbesondere war auch dem Generalstabsoffizier ein Maßstab in die Hand gegeben, in welchem Umfange sich Ortsunterkünfte oder Lager mit Menschen und Pferden belegen, und wo sich wasserbedürftige Betriebe wie Lazarette, Badeanstalten, Schlächtereien u. a. einrichten ließen.

Künstliche Reinigungsverfahren zur Trinkwassergewinnung blieben stets ein Notbehelf. Abkochen, trag- und fahrbare Trinkwasserbereiter, verschiedenartige Filter, Chlor-, Ozon-, Ultraviolette-Licht-Wirkungen bewährten sich wohl, wo der Durstige sie abwartete. *Sicherer als alle künstlichen Mittel und alle Warnungen half der Nachweis gesunden Grundwassers in möglichster Nähe des Bedarfsortes.* Was das Feldsanitätswesen und die Geologie auf diesem Gebiete für das Heer leisteten, wird stets ein Ruhmesblatt deutscher Kriegsgeschichte bleiben.

Neben diesen erörterten Hauptarbeiten der angewandten Geologie lief eine Reihe *engerer Aufgaben.* Bahn-, Straßen-, Kanal-, Brücken- und Tunnelbauten, ebenso schwere Geschütze erforderten geeigneten, vor allem tragfähigen Untergrund, Lager- und Flugplätze und Munitionsspeicher sauberen und trockenen Boden, gute Anmarschwege und reichlich Wasser, Moor-, Sumpf- und Überschwemmungsgebiete wegsame und bebaubare Stellen oder Verfahren zur Trockenlegung; andererseits verlangten künstliche Ansumpfungen leicht überschwemmbares Land. Die Erdtelegraphie suchte Boden, der die elektrischen Ströme der feindlichen Apparate abzufangen gestattete, und für die eigenen Stationen solchen, mit möglichst guter und weiter Verständigung, ohne daß aber der Feind mithören konnte.

Alle diese erwähnten Nebenaufgaben, deren noch mehr, wie z. B. für Stauanlagen, Hochwasserschutz, Tankabwehr, Gräber- und Friedhofsanlagen, Landwirtschaft u. a. zu nennen wären, wurden nur sachgemäß gelöst bei Berücksichtigung der mannigfachen *Nebenwirkungen.* Nicht selten kam es anfänglich vor, daß Ansumpfungen Stollen im benachbarten Gehänge infolge Hebung des Grundwasserspiegels ertränkten, daß Trockenlegungen natürliche Hindernisse vor dem Feind beseitigten und daß sonstige Bauten das eigene Nutzgrundwasser abzogen oder anderweitig gefährdeten, daß Erdtelegraphenströme zum Feinde, statt zu den eigenen Stationen liefen usf. *Bei verständiger und erfahrener Anwendung aber trug die Geologie immer ein beträchtliches Teil zur Stärkung der Widerstandskraft der Front und zur Erhaltung der Gesundheit und Leistungsfähigkeit des Mannes bei.*

Die *stoffliche Ausbeutung* des Bodens schließlich bezweckte zweierlei: der Front den Bedarf an mineralischen Rohstoffen in möglichster Nähe zu beschaffen und der heimatlichen Industrie zuzuführen, was nur immer möglich war.

Betonierungsarbeiten für Stellungen, Wege- und Bahnbauten verschlangen eine ungeheure Menge verschiedenartiger Gesteine, Steinschlag, Kies, Sand, Zement usw., deren Anfuhr aus der Ferne, gar aus der Heimat, die Arbeiten und den Eisenbahnbetrieb außerordentlich belästigte. So bezog z. B. der lothringische Frontabschnitt Schotter und Sande lange Zeit aus dem Nahe- und Rheingebiet, obgleich brauchbares Material in der Nachbarschaft der Verbrauchsorte zu finden war; ähnlich überflüssigerweise schaffte man in andern Fällen Gesteine Hunderte von Kilometern weit in fremde Gebiete, bis die geologische Erkundung Abhilfe brachte, indem sie neue, nahe

Steinbrüche, Lehm-, Kies-, Sandgruben u. ä. erschloß. Selbst in dem „steinlosen" Flandern fanden sich allerhand nutzbare Schichten, und die an Hartgesteinen arme galizische Front, die ihre Straßen anfänglich mit Gips (!) schotterte, konnte vom Karpathenfuß mit Besserem versorgt werden. Hafenbauten nördlich Libau — um noch ein anderes Beispiel zu nennen — wären mit schlesischen Graniten ausgeführt worden, wenn nicht zufällig ein Geologe Einsicht in den Plan bekommen hätte. Vorzügliches, wetterfestes Gestein lag in großen Blöcken in einer ausgewaschenen Grundmoräne unmittelbar an der Küste greifbar.

Außer auf Gesteine für die verschiedensten Bauzwecke ging die Erkundung in großem Umfange auf *Torf* aus, infolgedessen die meisten Frontabschnitte schließlich ihre eigenen Stiche hatten, die Unterstände und Baracken mit Brennstoff und Stallungen mit Streu versahen.

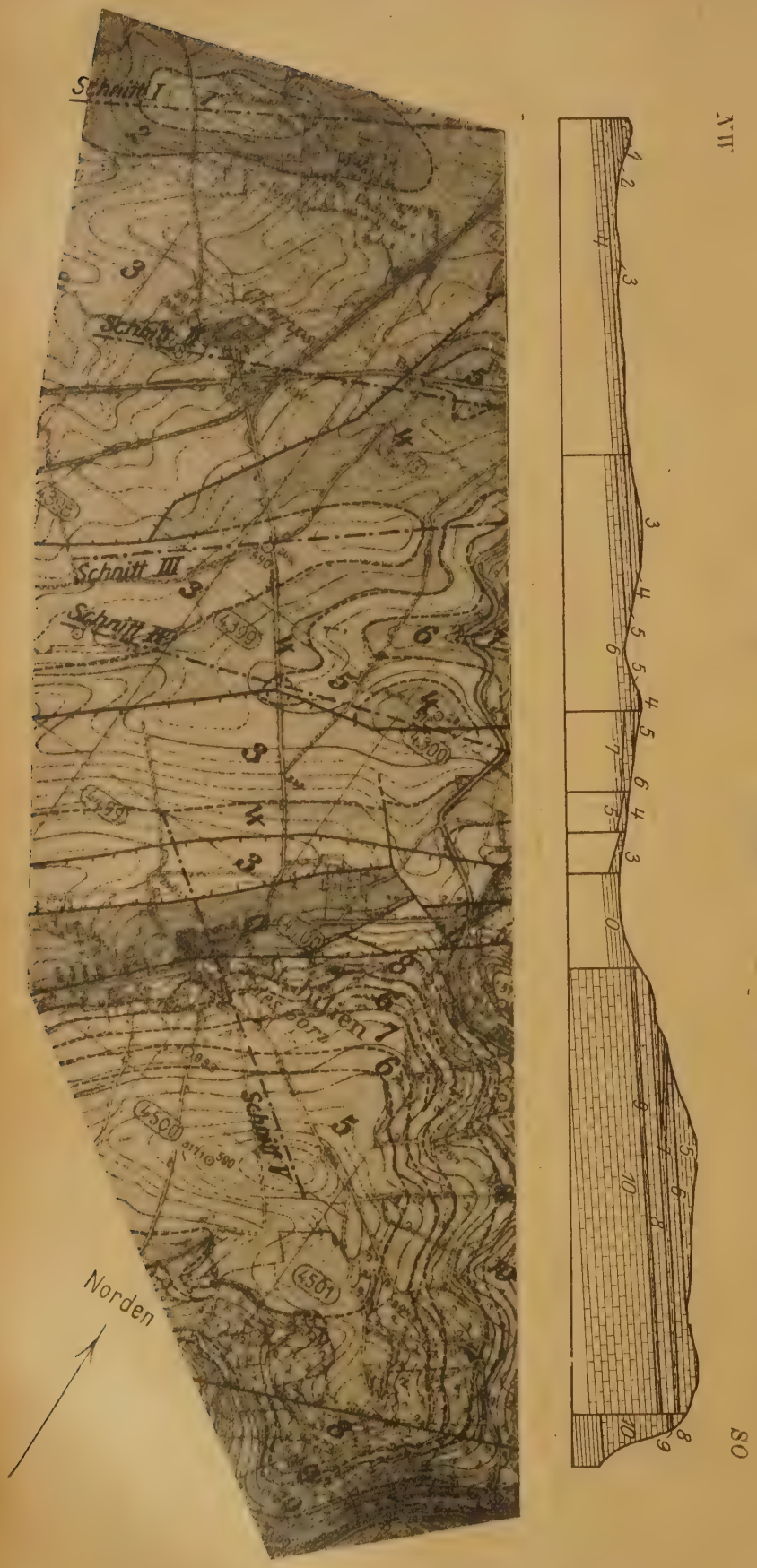
Die den heimatlichen Fabriken, allerdings in relativ mäßigem Umfange, zugeführten Erze, Kohlen und Phosphate stammten meistens aus altbekannten Gruben. Bei neuen Lagerstätten kam es im allgemeinen nur zur genauen geologischen Aufnahme, um Vorräte für die größte Not zu buchen und auf alles vorbereitet zu sein, denn beim Friedensschlusse, mochte er aussehen wie er wollte, mußten an Bodenschätzen reiche Gebiete ins Gewicht fallen. So wurden die Kohlen der Kampine, die westliche Fortsetzung der lothringischen Minette, der Eisenmanganreichtum Krivoi-Rogs und des Kaukasus, mehrere französische und podolische Phosphatvorkommen, Erzlager des Balkans und Kleinasiens und andere aussichtsreiche Fundorte fachmännisch untersucht. Geheimrat *Frech* vor allen hatte sich bemüht, diese verschiedenen Vorkommen der Heimat dienstbar zu machen. Leider erlag er zu früh, unerwartet innerhalb drei Tagen der tropischen Malaria in Aleppo, von wo aus er als Kriegsgeologe mesopotamische Steinöle persönlich erforschen wollte.

Geologische Betrachtungen auf die *Verhältnisse beim Feinde* anzuwenden, und daraus Rückschlüsse auf dessen Einrichtungen zu ziehen, lag nahe. Harte Gesteine, Wasser wollte auch er vermeiden, sowohl bei den alltäglichen Feldbefestigungen wie beim Minenkrieg. Aus der durchs Fernglas oder aus dem Flugzeuge beobachteten Farbe der Halden und dem Inhalt zerschossener Sandsäcke ließ sich die Art und Tiefe der Erdarbeiten jenseits der Linien erkennen, ebenso aus Änderungen des Grundwasserstandes. Angriff und Beschießung richteten sich des öfteren mit Nutzen nach solchen Erwägungen. Standen Vormarschbewegungen in Aussicht, so dehnte sich die geologische „Vorerkundung" weit in das Gebiet hinter die feindlichen Stellungen aus, um dort insbesondere wegsames und zum raschen Einbutteln günstiges Gelände, ferner Trinkwasser und Straßenbaustoffe namhaft zu machen. Neben der Generalstabskarte erhielten der Truppenführer, der technische Offizier und der Hygieniker eine allgemein verständliche geologische Sonderkarte. Diese beruhte naturgemäß auf Studien aller erreichbaren geologischen Schriften. Die „Kriegsgeologischen Auskunftsstellen", die von der Etappe und von der Heimat aus den Frontgeologen laufend mit Gerät, Fachliteratur und Einzelauskünften zu versorgen hatten, leisteten für solche Vorarbeiten besonders wertvolle Hilfe. Nicht unerwähnt bleibe dabei die reiche Unterstützung durch die geologischen Landesanstalten und die geologischen Institute der Universitäten[1]).

Erfahrungen. Überall, wo Boden und Wasserverhältnisse in Frage kamen, war die Geologie begutachtend und ratend tätig, um Kräfte, Stoffe und Zeit zu sparen. Was *Kranz* u. a. vorausgesagt hatten, ihre Brauchbarkeit und Notwendigkeit fürs tägliche Leben im Festungs- und Feldkriege, hat sie bewiesen, manchem Manne in sicherem und trockenem Unterstande Gesundheit und Leben geschützt, viel Mühsal und Arbeit gemildert und erspart und dem Vaterlande große Werte erhalten. Diese Erfolge gehören der Vergangenheit an; ein neuer Krieg wird andere Formen und andere Erfordernisse zeitigen. Für den *Frieden* hat die Geologie lernen können, wie es ihr sonst erst mit vielen Jahren möglich gewesen wäre. Abgesehen von der Erweiterung der wissenschaftlichen Kenntnisse infolge der geologischen Kartierung weiter, verschiedenartigster Landstriche für mannigfache Bedürfnisse, brachten Kriegsgeologen und breite Volksschichten neu erschlossenen oder erweiterten Blick mit heim über praktischen und wirtschaftlichen Nutzen der angewandten Geologie. Diese Erfahrung darf in der neuen Zeit nicht vergessen werden. Wiederum steht unser Volk vor neuartigen, unerwarteten Aufgaben. Ausnutzung des Bodens bis zum Äußersten ist von neuem eine Hauptforderung. Ungezählte mineralische Industriestoffe wurden vor dem Kriege von weither, vielfach aus dem Auslande, an unsere Verbrauchsorte geschafft. Manches ist aber im eigenen Lande zu erschließen, oft nahe am Bedarfsplatze, wenn das Verständnis für diese Möglichkeiten im schaffenden Volke vorhanden ist und der Geologe zu solchen Nachweisen herangezogen wird.

In der heimischen Erde stecken gewaltige Schätze, sie müssen nur erst herausgeholt werden. Nicht allein die großen Kohlen-, Erz- und Ölfelder sind Volksvermögen, jedes brauchbare kleine Gesteinsvorkommen kann durch sachgemäße Erfassung unsere wirtschaftliche Stellung

[1]) Eine unserer Kriegsgeologie ähnliche Einrichtung bestand bei keinem der Feinde. Hie und da mögen sie geologische bzw. bergmännische Erwägungen angestellt haben; aber außer bei vereinzelten Fällen und bei den wenigen Wege- und Brunnenbaukommissionen der Russen scheint geologische Beratung nicht organisiert gewesen zu sein, wie unsachgemäße Anlagen und Beutestücke immer wieder zeigten.



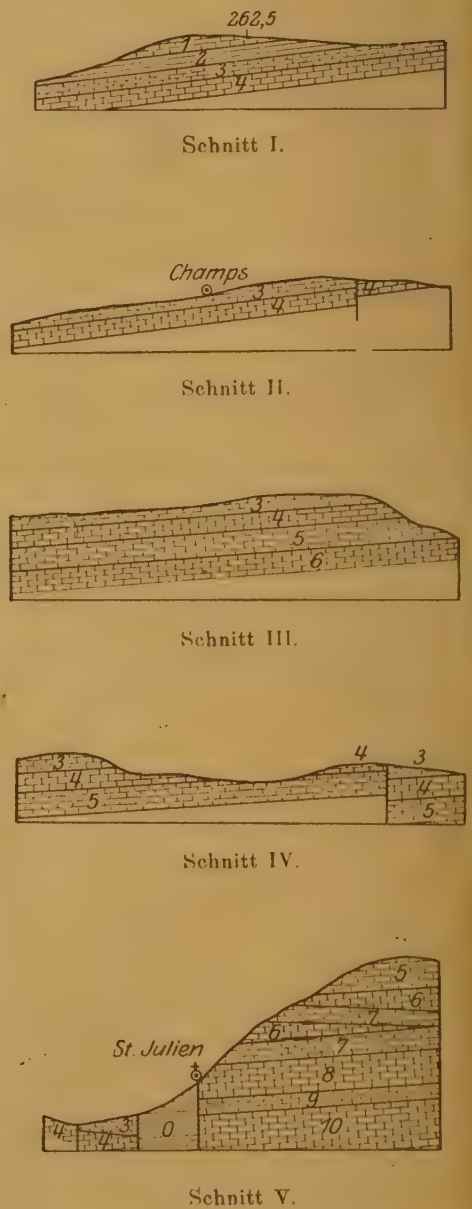


Fig. 6. *Beispiel einer Stellungsbau-* (I—V geologische Durch- der lange Schnitt verläuft

verbessern. Den kleineren, weit im Lande verstreuten, nutzbaren Lagern ist sogar ein gewisser Vorzug zu geben, solange sich die Beförderungsverhältnisse nicht besser gestalten.

Die Baustoffnot wird allerorts alte und neue Steinbrüche, Kalköfen, Ziegeleien u. a. ins Leben rufen; neue Siedelungen brauchen geeigneten Untergrund, Verkehrswege, Wasserversorgung. Die Landwirtschaft will mehr aus dem Boden erzeugen als bisher; Brennstoffe werden zum großen Teil aus unerschlossenen Torflagern gedeckt, Kohlen, Erze und Steinöl auch in bisher unrentablen Lagern erfaßt werden müssen. Allenthalben Arbeit für Beratung durch die angewandte Geologie!

Es ist das alles Neuland für den schulmäßigen Geologen; aber er *muß* es bebauen, weil der Staat dieser Hilfe bedarf und kein anderer sie bringen kann[1]). Der Bergmann ist Spezialist, ebenso der Techniker; beide können in allgemein geologischen Dingen nicht ausreichend durchgebildet sein. In erster Linie sind zur allgemeinen wirtschaftlichen

[1]) Lehrstühle für angewandte Geologie wurden kürzlich an mehreren Universitäten gegründet.

Schichtenfolge	Gesteinsart	Mächtigkeit	Standfestigkeit	Bearbeitbarkeit	Verhalten gegen Wasser	Gräben und Stollen	Art der Entwässerung
0	weicher, rostgelber oder blaugrauer, zerrütteter Ton	unbestimmbar	sehr gering	leicht	wasserstauend (Überschwemmungsgefahr!)	Gräben: sehr naß u. verschlammt Stollen: ertrinken	Für Gräben: Sorgfältiges Einwägen, Ausnützung des natürlichen Gefälles. — Abzugsgräben. Für Stollen: Ausheben von Abzugsgräben um den Stollen vor dessen Anlage. — Abdichtung d. Schleppschächte im verwitterten Gestein durch Tonhinterstampfung evtl. des ganzen Stollens. — Stollen im Ton 3 meist noch durch Sickerschächte entwässerbar.
1	weicher, toniger Mergelkalk	10—14 m	gering	mittelschwer	sehr wenig durchlässig	desgl.	
2	dunkler, fetter Ton	10 m	sehr gering	leicht	vollkommen undurchlässig	desgl.	
3	Mergelkalk, darunter Ton	7 m	mäßig	mittelschwer	wenig durchlässig	meist naß u. verschlammt	
4	harter, klüftiger Kalk	7 m	sehr gut	schwer, z. T. sprengen	durchlässig	gut u. trocken	/
5	Mergel, dazwischen gelagert Kalk	wechselnd zwischen 5 und 15 m	mäßig	mittelschwer	schwach durchlässig	feucht	Für Gräben: Einwägen und Abzugsgräben. Für Stollen: Stellenweise durch Sickerschächte zu entwässern.
6	Kalk und Mergelkalk	im Norden 4—6 m, im Süden bis 15 m	ziemlich gut	mittelschwer	ziemlich durchlässig	meist gut und trocken	/
7	Mergelkalk, stellenweise mit Kalklagen	im Norden 15—20 m, im Süden abschwellend	mäßig / gut	mittelschwer	wenig durchlässig / durchlässig	gut u. trocken / häufig feucht u. verschlammt	/ / wie bei Nr. 5
8	klüftiger, bankiger Kalk	ca. 15 m	sehr gut	schwer, z. T. sprengen	durchlässig	gut u. trocken	/
9	Mergelkalk	ca. 5 m	gering	mittelschwer	wenig durchlässig	naß	fast immer durch Sickerschächte zu entwässern
10	sehr harter, klüftiger Kalkfels	ca. 60 m	sehr gut	z. T. sehr schwer, sprengen	durchlässig	trocken	/

karte. (Im Original im Dreifarbendruck.)
schnitte quer zur Stellung;
längs der Stellung.)

Nutzbarmachung geologischer Erfahrungen die geologischen Landesanstalten und die ehemaligen Kriegsgeologen berufen.

In einer inhaltsreichen Schrift über „Kriegsvermessungen und ihre Lehren“ (bei Mittler & Sohn, Berlin 1920) schreibt Oberstleutnant *Boelcke*, der ehemalige Chef der Kriegsgeologie: „Jedenfalls ist es nicht mehr angängig, daß die Geologie in ihrer bisherigen Abgeschlossenheit verharrt. Viele sollen ihre Grundzüge erlernen, und der Berufsgeologe soll sie nicht einzig als reine Wissenschaft, sondern auch in ihrem Zusammenhange mit anderen Berufszweigen und in ihrer Anwendbarkeit auf nutzbringende praktische Fälle pflegen. Hoffentlich wird das heranwachsende Geschlecht mehr für die Gegenwart erzogen als wir Fertigen. Dazu muß es oft hinaus in die Natur, um dabei zwanglos zu lernen, wie die Bodenbeschaffenheit das Landschaftsbild entscheidend beeinflußt. Ebene, Wasser, Berg und Tal, der Pflanzenwuchs, die Art der Besiedelung, die Sitze der Industrie und Technik, die Führung der großen Kunst- und Wasserstraßen, alles hängt ganz von ihr ab. Was das Kind lernte, wird dem rüstigen Wanderer zur Quelle immer erneuten Genusses. Das Verständnis für das innerste Wesen der Heimat gräbt sie ihm noch tiefer ins Herz, und in der Fremde erkennt er rasch, warum manches so anders ist als daheim.“

Besprechungen.

Pauli, R., Über psychische Gesetzmäßigkeit, insbesondere über das Webersche Gesetz. Jena, G. Fischer, 1920. 88 S. und 42 Abb. Preis M. 6,—.

Vermag eine Versuchsperson mittels des Tastsinns 20 g eben von 21 g zu unterscheiden, so bedarf es bei einer Verdoppelung des „Hauptgewichtes“ auf 40 g eines Zusatzes von 2 g zur Unterscheidung, d. h. das eben merkliche Zusatzgewicht steht in einem konstanten Verhältnis zum Hauptgewicht. Bezüglich der Deutung dieses von *E. H. Weber* aufgestellten Gesetzes, das sich bei mittleren Reizstärken in verschiedenen Sinnesgebieten als sehr angenähert richtig erwiesen hat, stehen sich in der Hauptsache zwei Anschauungen gegenüber. Die Einen nehmen an, die Nervenerregung in den Sinnesorganen steige nicht proportional der Stärke des äußeren Reizes an, sondern sie nehme mit steigendem Reiz zunächst rasch, dann zunehmend langsamer bis zu einem oberen Grenzwert zu, so daß sich die Abhängigkeit der Nervenerregung von der Reizstärke durch eine logarithmische Kurve darstellen ließe. Setzen wir dann weiter im Sinne des Fechnerschen psychophysischen Parallelismus die Empfindungsstärke der Intensität des psychophysischen Parallelprozesses proportional, so würde sich daraus eine erste, die sogenannte physiologische, Erklärung des Weberschen Gesetzes ergeben. Es könnte nun auch sein, daß die Erregungsintensität in den peripheren Nervenbahnen der Reizstärke proportional anwächst. Dann müßte die beschriebene Eigentümlichkeit der Unterschiedsschwelle auf einem „psychologischen“ Vorgange bei der Vergleichung zweier Empfindungen beruhen, und das Webersche Gesetz würde soviel bedeuten, daß bei zunehmender Intensität der Empfindung der Unterschied zweier Empfindungen immer schwieriger zu bemerken ist, die Unterschiedsempfindlichkeit beim Vergleich also proportional der Stärke der Empfindungen abnehme. Im einzelnen sind diese Hypothesen von verschiedenen Forschern in verschiedener Weise weiter ausgebaut worden, worauf hier nicht näher eingegangen werden soll.

Pauli setzt nun in seinem Buch die Gründe auseinander, die dazu führen, die psychologische Erklärung zugunsten der physiologischen abzulehnen. Die psychologische Deutung begegnet in ihrer genaueren Durchführung mannigfachen Schwierigkeiten, während andererseits zahlreiche experimentelle Untersuchungen für die physiologische Erklärung sprechen. Es sei hier nur an die eingehende Analyse der Reizvorgänge durch *A. Pütter* und an die Untersuchungen von *Stark* an Pflanzen erinnert, bei deren Reizung sich ebenfalls das Webersche Gesetz als weitgehend gültig herausgestellt hat. Zwar wird man nicht allen von *Pauli* angeführten Versuchsdaten volle Beweiskraft zusprechen dürfen: So läßt sich die Abhängigkeit der Größe der Muskelzuckung und der Aktionsströme des Muskels von der Reizstärke nach neueren Untersuchungen noch ganz anders deuten, als dies *Pauli* tut, und beim Lichtsinn wird man insbesondere noch die Ausführungen von *Hering* („Lehre vom Lichtsinn“ im Handbuch der Augenheilkunde) zu berücksichtigen haben. Trotzdem muß zugegeben werden, daß wir heute nicht wohl annehmen dürfen, daß die Stärke der Nervenerregung der Reizstärke direkt proportional sei, sondern daß sie sich so verhalte, wie es oben angegeben wurde, daß sie also anfangs rascher, später langsamer einem oberen Grenzwert zustrebe, der bei weiterer Verstärkung des Reizes nicht mehr überschritten wird. Danach wird es also in der Tat wahrscheinlich, daß, wie *Pauli* mit anderen Autoren annimmt, die Ursache für die logarithmische Abhängigkeit der Empfindungsintensität von der Reizstärke mindestens zu einem wesentlichen Teil im peripheren Sinnesorgan gegeben ist.

Nun läßt sich aber, wie *Pauli* weiterhin ausführt, dieselbe Abhängigkeit, wie sie zwischen äußerem Reiz und Empfindungsstärke besteht, auch für zahlreiche andere Vorgänge der Wahrnehmungs- und Vorstellungspsychologie und der Psychologie des Gedächtnisses aufzeigen. *Pauli* faßt diese Beziehungen in einen allgemeinen Satz zusammen, den er als „Relativitätssatz“ bezeichnet, und der einen ganz analogen Inhalt hat, wie er oben für die Empfindungsintensität ausgesprochen wurde: Subjektive Größen ändern sich mit der Variablen, von der sie abhängen, derart, daß sie zuerst schneller, dann zunehmend langsamer einem Grenzwert zustreben. Indem nun *Pauli* versucht, an der Hand des bisher vorliegenden Versuchsmaterials die Gültigkeit des Relativitätssatzes für psychische Vorgänge abzugrenzen, führt sein Buch beträchtlich über seinen Ausgangspunkt, das Webersche Gesetz bei einfachen Sinnesempfindungen, hinaus und weist auf Zusammenhänge hin, welche der Aufmerksamkeit weiterer Kreise, nicht bloß der Psychologen, wert sind.

Dem Referenten sei dazu noch folgende Bemerkung gestattet: Wenn man das Zentralnervensystem nicht als einen bloßen Komplex indifferenter Leitungsbahnen auffaßt, sondern als einen Organismus, zusammengesetzt aus stufenweise übereinander-

geschichteten, einzelnen Lebewesen — den Neuronen —, die sich zwar gegenseitig durch ihre Erregungen weitgehend beeinflussen, die aber doch bis zu einem gewissen Grade jedes für sich ein eigenes spezifisches Sonderleben führen, so besteht das Problem der Abhängigkeit der Erregungsgröße vom Reiz nicht nur an der äußeren Aufnahmestation, dem Sinnesorgan, sondern es wiederholt sich jedesmal beim Übergang der Erregung von einem Neuron, dem „vorgeschalteten", auf den anderen, den „Anschlußneuron". Für jeden Anschlußneuron stellt die Erregung oder Erregungsänderung der vorgeschalteten Neurone einen Reiz dar, der keineswegs notwendig eine seiner Stärke proportionale Erregungsgröße im Anschlußneuron hervorrufen muß. Vielmehr könnte vielleicht auch hier bei zunehmender Größe der Erregung im vorgeschalteten Neuron ein anfangs rascher, später langsamerer Anstieg der Erregung im Anschlußneuron auftreten wie bei einer Reizung der erregbaren Nervensubstanz durch äußere Reize. Daraus dürfte sich für den konsequenten psychophysischen Parallelismus die Möglichkeit ergeben, auch jene psychischen Prozesse, deren physische Parallelprozesse sich rein innerhalb des Zentralnervensystems abspielen, mit der logarithmischen Beziehung zwischen Reiz und Erregungsstärke in Einklang zu setzen.

F. B. Hofmann, Marburg.

Pauli, R., Psychologisches Praktikum. *Leitfaden für experimentell-psychologische Übungen.* Jena, G. Fischer, 1920. 2. Aufl. XVI, 236 S., 96 Abb. und 4 Taf. Preis brosch. M. 18,—, geb. M. 25,—.

Binnen kürzester Zeit ist der ersten Auflage dieses Buches die zweite gefolgt, womit die Brauchbarkeit desselben schlagend bewiesen wird. Die in der Besprechung der ersten Auflage beschriebene Eigenart des Werkes ist auch der zweiten Auflage erhalten geblieben. Nur ist die theoretische Einleitung von Grund aus umgearbeitet, die Zahl der Versuche ist vermehrt, einige sind etwas abgeändert worden. Vielleicht würden sich, wie schon in der ersten Besprechung bemerkt wurde, hie und da eingehendere Angaben über Einzelheiten der Versuche, die oft etwas summarisch beschrieben sind, empfehlen. Auch die Literaturangaben könnten noch etwas erweitert werden. Ich vermisse z. B. außer dem Hinweis auf *Tigerstedts* Handbuch der Methodik auch jedes Zitat von *Herings* Abhandlungen über den Lichtsinn. Dem gelungenen Wurf des Ganzen gegenüber sind freilich Lücken dieser Art, die in späteren Auflagen leicht ergänzt werden können, von untergeordneter Bedeutung und sie können dem Wert des Buches keinen Abbruch tun.

F. B. Hofmann, Marburg.

Hanffstengel, G. v., Technisches Denken und Schaffen. Berlin, J. Springer, 1920. VIII, 212 S. und 153 Textfiguren. Preis M. 12,—.

Der Titel könnte einen, der das Buch nicht kennt, mißtrauisch stimmen. Technisches Schaffen, ja! aber technisches Denken? Ist es denn wirklich so, daß wir das logische Denken nach Berufszweigen in Abarten: „juristisches Denken", „medizinisches Denken", „technisches Denken" spalten müssen? Nun zeigt glücklicherweise gerade dieses vorzügliche Werkchen, wie man mit Hilfe des uns allen gemeinsamen gesunden Menschenverstandes und einiger wenigen Vorkenntnisse auf mechanisch-physikalischem Gebiete das Schaffen unserer Techniker — von welchem die meisten „Gebildeten", die für ihre Pflicht halten, Werke von Literaten dritten und vierten Ranges zu kennen, nur ganz nebelhafte, journalistisch gefaßte Vorstellungen haben — verstehen und würdigen kann.

Der erste Abschnitt führt den Titel: „Grundlagen" und bietet eine recht hübsch, anschaulich geschriebene Übersicht über jene Grundlehren der Mechanik, Elektrizitätslehre und Wärmelehre, welche zum Verständnis der Wirkungsweise der Kraftmaschinen und Arbeitsmaschinen unbedingt notwendig sind.

Der zweite Abschnitt über „Die Ausnutzung der Triebkräfte" behandelt die Kraftmaschinen (Wasserkraftmaschinen und Wärmekraftmaschinen), um einerseits die Art klar zu machen, wie sie die Energiequellen in Arbeit umsetzen, andererseits um dem Leser von den Grundlagen der „Energiewirtschaft" eine Vorstellung zu geben. Die Eigenschaften der tückischen Materie, mit welcher der Techniker im ewigen Kampfe steht, die verschiedenen geistreichen und oft gewaltigen Hilfsmittel zur Bearbeitung des Materials bilden den Gegenstand des dritten Abschnittes („Die Ausnutzung des Materials"). Besonders sei auf das Kapitel „Grundlagen moderner Herstellungstechnik" hingewiesen, welches den Taylorismus nicht in allgemeinen Redensarten behandelt, wie es in populären Schriften zumeist geschieht —, sondern seine Methoden und Vorzüge an bestimmten bis ins einzelne ausgearbeiteten Beispielen darstellt.

Der vierte und letzte Abschnitt führt den Titel „Technische Arbeit" und erzählt in spannender Weise, wie in der Technik aus der Idee Entwurf, aus dem Entwurf Wirklichkeit wird. Die Kapitel „Fehler bei der technischen Arbeit", „Arbeitserleichterungen" wird der Praktiker, der die Quintessenz seiner täglichen Erfahrungen hier in knapper und anschaulicher Form niedergeschrieben findet und derjenige, der sich erst dem technischen Beruf widmen oder ihn näher verstehen will, mit gleicher Freude lesen. Das Buch schließt mit Darstellung der Organisation eines großen Werkes.

„Gemeinverständlich" und „richtig", diese beiden Adjektiva treffen selten gleichzeitig zu für Erzeugnisse der populären Literatur. In dem Hanffstengelschen Buch haben wir ein rühmliches Beispiel, wo beide angebracht sind. Seine Mechanik entspricht zwar nicht ganz meinem Geschmacke. Sie ist meiner Ansicht nach zu energetisch. Die Dynamik erscheint in ihr lediglich als Lehre der Energieumwandlung. So kommen z. B. die Worte: Trägheitskraft, Zentrifugalkraft gar nicht vor. Ich finde, gerade in der Mechanik des täglichen Lebens gibt es ganz auffallende Erscheinungen, die energetisch gar nicht oder nur sehr schwer, dagegen z. B. mit Hilfe des Begriffes der Bewegungsgröße (Impuls) oder der Trägheitskraft sehr einfach zu deuten sind. Ob eine solche Erweiterung der mechanischen Grundlagen mit der Knappheit des Umfanges vereinbart werden könnte, muß natürlich dahingestellt bleiben.

Ich bin überzeugt davon, daß das kleine Werk infolge der glücklichen Kombination naturwissenschaftlicher und organisatorischer Gesichtspunkte, infolge seiner angenehmen und anschaulichen Darstellungsweise bereits viele Freunde sich erworben hat und weitere erwerben wird.

Th. v. Kármán, Aachen.

Huyghens, Christian, Traité de la lumière. (Les maîtres de la pensée scientifique, collection de mémoires publiés par les soins de *M. Solovine.*) Paris, Gauthier-Villars, 1920.

Als erstes Heft einer Reihe, die den Ostwaldschen Klassikern der exakten Wissenschaften ähnlich werden, und — was zurzeit nicht selbstverständlich ist —, auch deutsche Werke, z. B. solche von *Helmholtz* und *H. Hertz* enthalten soll, erscheint die grundlegende Abhandlung jeglicher Wellentheorie des Lichts, ein altes, aber durchaus nicht veraltetes Buch. Denn trotzdem die Wissenschaft seit 1690 über das Licht einiges hinzugelernt hat, haben die Deutungen, welche *Huyghens* für die geradlinige Fortpflanzung, die Spiegelung und Brechung gibt, auch heute noch einen nicht geringen Wert. Sie finden sich mit vollem Recht auch in fast allen Lehrbüchern, und doch hat es einen eigenen Reiz, einmal den Urtext in die Hand zu nehmen und zu sehen, mit welcher geistigen Frische der Vater dieser Gedanken sie entwickelte. Man erlebt auch immer noch Überraschungen, so in Kapitel V, das von der Doppelbrechung in Kristallen handelt. Denn dort setzt *Huyghens* eine Hypothese über den Bau des Kalkspats auseinander, die sich gar nicht anders bezeichnen läßt denn als Raumgitterstruktur. Und doch ist diese Hypothese für die Kristalle im allgemeinen erst zu Beginn des 19. Jahrhunderts ausgesprochen, als man das Grundgesetz der Kristallform kannte.

M. v. Laue, Berlin-Zehlendorf.

Perrin, Jean, Die Atome. Mit Autorisation des Verfassers deutsch herausgegeben von *A. Lottermoser*. 2. Auflage. Dresden und Leipzig, Theod. Steinkopf, 1920. 196 S. und 13 Textfig. Preis M. 9,—.

Die neue Auflage des Perrinschen Buches ist, von der Richtigstellung einiger Irrtümer abgesehen, fast ein glatter Abdruck der ersten, welche in deutscher Ausgabe i. J. 1913 erschien. Die Darstellungsweise *Perrins* ist außerordentlich anschaulich, geistvoll und auch für einen der Materie fernerstehenden leicht verständlich. Obgleich wenig Mathematik benutzt wird, dringt sie doch bis zu den Grenzen des Gebietes vor. Zur Charakterisierung des Inhaltes seien die Überschriften der Kapitel angeführt: 1. Die Atomtheorie und die Chemie; 2. Die Molekularbewegung; 3. Brownsche Bewegung, Emulsion; 4. Die Gesetze der Brownschen Bewegung; 5. Die Schwankungen; 6. Das Licht und die Quanten; 7. Das Atom der Elektrizität; 8. Auf- und Abbau der Atome. Die Behandlung der Brownschen Bewegung nimmt den breitesten Raum ein. Hierin liegt auch die Stärke des Buches, was verständlich ist, da der Verfasser auf dem Gebiete der Molekularbewegung mit großem Erfolge gearbeitet hat. Die eigentliche Physik des *Atomes* dagegen kommt in beiden Auflagen zu kurz.

Besonders auffallend wird dies in der vorliegenden zweiten Auflage des Buches. Denn in der Zeit, die seit der ersten Auflage verflossen ist, hat gerade die Physik des Atombaues fundamentale Erweiterungen erfahren. Hierüber sagt das Buch nichts. Weder die Rutherfordschen Arbeiten über die Streuung der α-Strahlen noch das Bohrsche Atommodell sind auch nur erwähnt. Hier müßte das Buch wesentlich erweitert werden, soll es, dem Titel entsprechend, in den Stand unserer Kenntnis vom *Atom* einführen. So, wie es ist, ist es zur Einführung in die Kenntnis der *Molekular*bewegung hervorragend geeignet.

E. Regener, Stuttgart.

Bornemann, F., Kohlensäure und Pflanzenwachstum. Berlin, P. Parey, 1920. VI, 110 S. und 11 Fig. Preis M. 7,50.

Das Buch behandelt die lange in Vergessenheit und Nichtachtung begraben gewesene Frage der praktischen Kohlensäure-Ernährung der Pflanzen. Die grundlegenden Tatsachen sind ja seit weit über 100 Jahren bekannt; vergl. dazu den Aufsatz des Ref. in Heft 22 dieses Jahrganges. Es ist eine kulturgeschichtlich gar nicht uninteressante Erscheinung, wie eine eigentlich so selbstverständliche Sache, die obendrein in viel benutzten Büchern, bei *Thaer*, bei *Liebig* und anderen klar und unmißverständlich gedruckt zu lesen steht, so ganz verachtet und verleugnet werden konnte, daß jetzt die Wiedererweckung auf ernstliche Schwierigkeiten stößt. Man sagt wohl: „Zahlen beweisen", und so „bewies" man denn auch, daß die mehr als 800 000 000 000 Doppelzentner Kohlensäure, die der Luftozean der Erde enthält, überreichlich genügen müßten und der Mensch zur CO_2-Ernährung seiner Kulturpflanzen gar nichts weiter zu tun brauche. Wer es anders lehrte, wurde lächelnd beiseite geschoben. Erst in neuester Zeit fängt ein Umschwung der Meinungen an, sich vorzubereiten. Es liegen nun doch trotz aller nicht zu unterschätzenden Widerstände so viele Versuchsergebnisse aus neuerer Zeit vor, daß man nun an der Frage nicht mehr vorbei kann; es steht zu hoffen, daß das Buch von *B.* weiter dahin wirken wird, der wirtschaftlich so ungemein wichtigen Frage mehr Interesse zu verschaffen und weiteren Fortschritten die Wege zu ebnen.

Eine interessante Episode knüpft sich an den Namen von *Krantz* (Memmingen); dieser hatte bei der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft Prüfung zweier von ihm besonders hergestellter Arten von Gründünger beantragt, Prüfung in der Richtung auf Kohlensäurewirkung. Von der D L G. wurden *P. Wagner* (Darmstadt) und *E. Mitscherlich* (Königsberg) mit dieser Prüfung beauftragt. Während aber nun *W.* die ganze Angelegenheit lediglich als Frage der Stickstoffdüngung behandelte, untersuchte *M.*, ob die bekannte lösende, aufschließende Wirkung der Bodenkohlensäure auf schwerangreifbare Mineralstoffe durch künstliche Kohlensäurezufuhr in einer für die Pflanzen günstigen Weise gesteigert werden könne. In beiden Fällen verliefen die Versuche ergebnislos, und damit war die Angelegenheit für lange Zeit erledigt.

Bornemann behandelt die Frage vorwiegend in Rücksicht auf die Landwirtschaft und auf deren Arbeitsbedingungen im großen; darum befaßt er sich vornehmlich mit dem aus gedüngtem Boden aufsteigenden Kohlensäurestrom und dessen wachstumfördernder und ertragsteigernder Eigenschaft. Der praktische Pflanzenbau wird auf manche neue Maßnahme hingewiesen, z. T. auch werden alte, bewährte Verfahren nun erst recht neu begründet. Das Behacken der Felder hat z. B. nicht nur Bedeutung für Vertilgung von Unkräutern und für die sonstigen Vorzüge der Bodenlockerung; sein vielleicht wesentlichster Wert liegt vielmehr darin, daß der gelockerte Boden mehr Kohlensäure abgibt als der dicht liegende, worüber *B.* selbst einige Versuche veröffentlicht, welche zeigen, daß gerade tiefe Lockerung hier von ganz besonderer Wirkung ist. Für die Praxis empfiehlt es sich dringend, soviel organische Substanz als möglich zu sammeln und zweckentsprechend zu verwenden. Dünger im alten Sinne, d. h. tierische Abgänge, braucht man dazu nicht einmal in großen Massen. Mit dem Stallmist bringt man Zellstoff spaltende und vergärende Bakterien in den Boden,

und wo solcher nur in geringer Menge vorhanden ist, muß eben auch diese genügen, als Impfstoff für größere Mengen anderer, zersetzbarer Stoffe, die dann die eigentliche Düngermasse abgeben.

Da ein zu hoher Kohlensäuregehalt der Bodenluft den Wurzeln schadet, so empfiehlt es sich, solche Düngermassen verhältnismäßig oberflächlich zu geben; vielfach hat sich „Kopfdüngung" bewährt. Es ist eigentlich seltsam, daß dieses Verfahren, das 100 Jahre früher auch mit Erfolg bei Hülsenfrüchten angewandt wurde, heut nur noch für eine einzige Pflanze, für Erdbeeren (!) im allgemeinen Gebrauch ist. *Bornemann* hat damit bei verschiedensten Pflanzen, Kohl, Kartoffeln usw., beste Erfolge erzielt, bei Zuckerrüben eine Mehrernte von 81 %, dazu ein Zuckergehalt der Wurzeln „ohne" 16,4 % — „mit" 17,9 %, d. h. 1,5 % mehr.

Seit vor mehr als 30 Jahren die Stickstoff sammelnde Tätigkeit der Leguminosen deutlich erkannt war, hatte man sich mehr und mehr gewöhnt, nur solche für Zwecke der Gründüngung anzubauen; vormals waren mehr andere Pflanzen in Gebrauch, die zwar den Boden nicht, wenigstens nicht direkt, mit Stickstoff anreichern können, die aber als Humusbildner ihrer Aufgabe durchaus gerecht wurden (übrigens reichert sich jeder Humus unter sonst geeigneten Bedingungen infolge von Bakterientätigkeit mit Stickstoff an). Weil man sich aber gewöhnt hatte, den Stalldünger ganz oder fast ausschließlich nach seinem Stickstoffgehalt zu bewerten, so verfiel man in den Trugschluß: Weil die Hülsenfrüchte keine Zufuhr von Stickstoff brauchen, so brauchen sie auch keinen Stallmist. Dadurch gingen die Erträge der Hülsenfrüchte, und deshalb auch der Anbau dieser für unsere Eiweißernährung so ungemein wichtigen Gewächse zurück.

Daß sich für die Praxis des Pflanzenbaues eine Fülle neuer Anregungen aus der wieder erweckten Kohlensäurefrage ergibt, wurde schon angedeutet. Die Düngerkonservierung hat in Rücksicht auf den kostbaren Stickstoff schon seit langem die Geister beschäftigt; doch auch den Kohlenstoffgehalt wird man bemüht sein müssen vor Verlusten zu schützen. Auch auf die Bodenbearbeitung und auf die dazu dienenden Geräte und Maschinen wird die Kohlensäurefrage bedeutenden Einfluß üben.

B. schließt mit den Worten: „So wird die neue Erkenntnis auf verschiedensten Wegen dazu beitragen, die Erträge des deutschen Kulturlandes weiter zu steigern zum Nutzen des Volkes und Vaterlandes." Möchte dieser Wunsch recht kräftig und recht bald sich erfüllen! *Hugo Fischer, Essen.*

Krehl, Ludolf, Pathologische Physiologie. 10. Auflage. Leipzig, F. C. W. Vogel, 1920. XII, 790 S. Preis geh. M. 30,—, geb. M. 36,—.

Die zehnte Auflage dieses großzügigen Werkes ist der neunten mit einem Abstand von weniger als 1½ Jahren gefolgt und bietet daher ihr gegenüber nur geringe Veränderungen. Die neunte Auflage dagegen war in großem Umfange neu bearbeitet, und es wird für jeden, der *Krehls* Wirksamkeit im Felde miterleben durfte, unvergeßlich sein, mit welcher gewaltigen Leistungsfähigkeit dieser Mann in den vielen Lazaretten der fünften Armee vom Kriegslazarett bis zu den Feldlazaretten hin unermüdlich wirkte und daß er dabei doch noch die Zeit und Sammlung zu einer Neugestaltung seines gewaltigen Werkes fand. In *Krehls* pathologischer Physiologie spricht eine ganze starke geschlossene Persönlichkeit mit hohem sittlichen Ernst zu Ärzten, die er lehren will, in dem Krankheitsfall nicht die gestörte Funktion eines Organs zu sehen, sondern einen kranken Menschen, dem körperlich und seelisch geholfen werden muß. Der kranke Mensch als Einheit gesehen, das arbeitet *Krehl* immer wieder heraus: als Einheit im funktionellen Sinne, bei der jede scheinbar örtliche Störung das ganze Lebensgetriebe in Mitleidenschaft ziehen kann und als einheitliche, geistig, sittliche Persönlichkeit. Die starke zielbewußte Betonung des Einflusses, den seelische Vorgänge auf den Körper haben, führt mit innerer Notwendigkeit dazu, daß die Bedeutung ethischer und religiöser Momente viel stärker hervorgehoben wird als es sonst in medizinischen Büchern üblich ist, und wenn in der weiten Verbreitung des Krehlschen Werkes ein Symptom dafür zu sehen wäre, daß die Bedeutung dieser „Imponderabilien" in breiten Kreisen der Ärzteschaft wachsendes Verständnis findet, so wäre das dem Verfasser sicher der schönste Erfolg.

Den Physiologen wird bei der Lesung, die in jedem Kapitel ein neuer Genuß ist, die Frage beschäftigen, ob die Vorbildung, die er dem angehenden Arzt auf den Weg mitgibt, den Anforderungen genügt, die die Klinik zu stellen berechtigt ist. Vergleicht man den Inhalt unserer Lehrbücher der Physiologie mit dem Inhalt der pathologischen Physiologie von *Krehl*, so wird man sich der Einsicht nicht verschließen können, daß in ihnen vieles fehlt, was zum Verständnis des kranken Menschen nötig ist. Unsere Lehrbücher der normalen Physiologie beziehen sich ja entweder schon nach ihrem Titel auf den Menschen und die Säugetiere, oder wenn sie im Titel diese Erweiterung nicht hervorheben, findet man doch im Text, daß wesentlich von Versuchs*tieren* die Rede ist, wie das ja aus der Forschungsart der Physiologie, die auf den Tierversuch gegründet ist, mit Natürlichkeit hervorgeht. Die Frage, inwieweit die Erfahrungen an „Tieren" — die untereinander sehr verschieden sind — auf den Menschen übertragen werden dürfen, eine Frage, die auch in der pathologischen Physiologie häufig gestellt wird, ist nicht mit einigen allgemeinen Worten zu erledigen, und keinesfalls darf man es dem Studenten überlassen, stillschweigend den Schluß zu ziehen, es sei beim Menschen alles ebenso wie bei irgendeinem Versuchstier, wobei in den einzelnen Kapiteln der Physiologie jedesmal ein anderes Versuchstier im Mittelpunkt der Darstellung steht. Es scheint, als ob vielfach eine Unterschätzung der Bedeutung der Physiologie daraus erwächst, wenn der Student in der Klinik merkt, daß eine einfache Übertragung der Erfahrungen eines Tierversuches auf den Menschen nicht angängig ist.

Krehls Werk scheint mir ein guter Wegweiser zu sein, in welcher Richtung die Physiologie die Vorbildung der Studenten und damit der Ärzte ausgestatten muß. *A. Pütter, Bonn.*

Guggenheim, M., Die biogenen Amine und ihre Bedeutung für die Physiologie und Pathologie des pflanzlichen und tierischen Stoffwechsels. Monographien aus dem Gesamtgebiet der Physiologie der Pflanzen und der Tiere. 3. Band. Berlin, Julius Springer, 1920. VIII, 376 S. Preis geh. M. 28,—, geb. M. 32,60.

In dieser Schrift stellt der Verfasser die Chemie und Pharmakologie einer Gruppe von Verbindungen dar, die in neuester Zeit ein immer größeres Interesse gewinnen. Es handelt sich um Körper, die bei den

biochemischen Umsetzungen von Aminosäuren, Nucleoproteiden und Phosphatiden in großem Umfange im Organismus entstehen und von denen wenigstens einem Teil eine Rolle zukommt, die nicht mit ihrer Bedeutung als Verbindungen, die Zeugnis von den Wegen des biochemischen Umsatzes geben, erschöpft ist, denen vielmehr wichtige Leistungen bei der chemischen Koordination der Teilprozesse im Organismus unter normalen und pathologischen Bedingungen zukommen.

Ein Teil dieser Körper wurde bisher als „proteinogene Amine" bezeichnet, da sie in nachweisbarer Beziehung zum Eiweiß bzw. zu seinen Bausteinen, den Aminosäuren stehen. Da aber andere Körper dieser Gruppe sich nicht oder nicht direkt von den Aminosäuren ableiten, wählt *Guggenheim* die allgemeinere Bezeichnung „biogene Amine". Die verhältnismäßig geringe Zahl der biogenen Amine, von denen wir bisher etwas über ihre Rolle als „Hormone", als Botenstoffe der Drüsen mit innerer Sekretion, wissen[1]), wird in dieser Darstellung in den größeren Rahmen eingefügt, der auch die wenig wirksamen Verbindungen umfaßt, die den wirksamen chemisch nahe stehen. Dabei ergibt sich mancher Ausblick auf die Beziehungen zwischen physiologischer Wirkung und chemischer Konstitution.

Das Schrifttum über die biogenen Amine ist so ausgedehnt, daß auch für den Physiologen, der nicht gerade auf dem Gebiete arbeitet, ein Überblick schwer zu gewinnen ist. Die zusammenfassende Darstellung ist daher sehr erwünscht. Besonders wertvoll ist es, daß die vielen Untersuchungen, die im Kriege über dieses Gebiet in ausländischen Zeitschriften erschienen sind, ausführlich berücksichtigt werden. Den deutschen Forschern ist es zurzeit noch fast unmöglich, sich diese Arbeiten in vollem Umfange zugänglich zu machen. *A. Pütter, Bonn.*

Zuntz, N., und A. Loewy, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Dritte Auflage. Leipzig, F. C. W. Vogel, 1920. XV, 789 S., 302 Abbild. und 3 Tafeln. Preis geh. M. 38,—, geb. M. 43,—.

Gegenüber der zweiten Auflage, die vor 7 Jahren erschien, ist der Umfang um etwa 40 Seiten vermehrt. Im Stabe der Mitarbeiter sind einige Änderungen eingetreten. Der Gesamtcharakter des Buches sowie die Anordnung des Stoffes haben keine Veränderungen erfahren. Neu sind die Literaturangaben in den einzelnen Kapiteln, die ein tieferes Eindringen in die Materie ermöglichen sollen. Daß aus der Bearbeitung durch 17 verschiedene Autoren eine Ungleichartigkeit der Darstellung entspringt, haben die Herausgeber empfunden und sich bemüht in dieser Richtung ausgleichend zu wirken. Für die sachliche Gründlichkeit der Angaben der einzelnen Kapitel bürgen die Namen der Bearbeiter, Spezialkenner der von ihnen bearbeiteten Gebiete, aber den Anforderungen eines *Lehrbuches* ist durch solche Zusammenstellung von Einzelkapiteln doch wohl kaum in vollem Umfange genügt.

A. Pütter, Bonn.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Fachsitzung am 14. Juni wurde Bericht erstattet über den **Verlauf der Tagung eines Arbeitsausschusses**, zu welchem der Zentralausschuß des Deutschen Geographentages eine Auswahl von Mitgliedern dieses Vereins und andere geographisch interessierte Persönlichkeiten, wie Lehrer, Autoren, Redakteure sowie Vertreter von Behörden, Bibliotheken, Verlagsbuchhandlungen usw. eingeladen hatte.

Die Verhandlungen, an denen 60 Personen, darunter auch einige Deutsch-Österreicher, teilnahmen, fanden in Gotha während der Pfingstwoche unter Ausschluß der Öffentlichkeit statt, weshalb Dr. *Behrmann* nur einen Teil der Ergebnisse mitteilen konnte. Es wurde beschlossen, eine Sammelstelle für die ausländischen Zeitschriften beim Deutschen Auslandsinstitut in Stuttgart einzurichten, einen gegenseitigen Leihverkehr ins Leben zu rufen und auch im westlichen Deutschland eine Zentralstelle für Auslandsliteratur zu schaffen. Die Aufrechterhaltung des Geographischen Jahrbuches, das in seiner besonderen Eigenart als Referierorgan ein unentbehrliches Hilfsmittel geworden ist, wurde dringend gewünscht, ebenso auch die Weiterführung der deutschen geographischen Zeitschriften. Die Karten der Landesaufnahme in den Maßstäben 1:25 000 oder 1:100 000 sollen weitergeführt und zu möglichst billigen Preisen verkauft werden, doch soll daneben den privaten kartographischen Instituten Raum zur Betätigung gelassen werden. Für die Topographen wird Hochschulbildung, insbesondere auch geographische Ausbildung gefordert. Das Seekartenwerk soll fortgesetzt werden. Die Neuorganisation des Vermessungswesens darf nicht überstürzt werden und sein Leiter soll ein Wissenschaftler sein. Maßnahmen zur Verbilligung der Schulatlanten sind dringend notwendig.

Geheimrat *A. Penck* begrüßte die Unterstellung der früher militärisch geleiteten kartographischen Staatsanstalten unter das Reichsministerium des Innern. Er schilderte die Mängel der alten Organisation, die von dem Sekretär der Royal Geographical Society in London, *Hinks*, in unzulässiger Weise verallgemeinert worden sind. An unserer Front wurde mit vier verschiedenen Arten der Kreiseinteilung gearbeitet. Die bisherige Zersplitterung des deutschen Vermessungswesens nach Staaten, Militär- und Zivilbehörden muß einer Vereinheitlichung Platz machen, bei der die süddeutschen Anstalten als Muster dienen sollten. Das preußische Katasterwesen war rückständig geblieben, während der Deutsche und Österreichische Alpenverein immer die neuesten Errungenschaften der Wissenschaft und Technik für sich nutzbar gemacht hat. An die Spitze des neuen Reichsvermessungsamtes, das nicht von einem diktatorischen Geiste geleitet werden darf, gehört ein Mann mit organisatorischem Geschick. Er oder wenigstens sein Stellvertreter muß ein Wissenschaftler, und für alle leitenden Stellen Hochschulbildung obligatorisch sein. Dem Geodätischen Institut ist daneben eine selbständige Stellung zu belassen.

Als dritter Redner sprach Geheimrat *E. Kohlschütter* besonders über das Vermessungswesen und seine Organisation. Die Verreichlichung ist zurzeit noch nicht durchführbar. Lokale Vermessungs-Behörden sind nicht zweckmäßig, dagegen ist die Schaffung eines Reichsvermessungsamtes als Zentralbehörde zu empfehlen, um die Einheitlichkeit zu fördern und Doppelarbeiten zu verhüten. Da es eine Behörde für angewandte Wissenschaft werden soll, so müssen Theorie und Praxis in ihr gleichmäßig vertreten sein. Auch er setzt sich für die Selbständigkeit des Geodätischen Instituts ein.

[1]) S. in bezug auf diese den Aufsatz über den Umsatz der Aminosäuren und die physiologische Rolle ihrer Umsetzungsprodukte. Die Naturwissenschaften, Bd. 8, 1920, S. 88—93.

An die drei Vorträge schloß sich eine überaus lebhafte und interessante Diskussion, an der sich die Herren *Weidner, Twardy, Schweydar, Harbert,* Fräulein *v. Möller,* Herren *Heyde, Brennecke, Wedemeyer, Seliger, Hergesell* u. a. beteiligten. Vorwürfe verschiedener Art gegen die bisherige militärische Leitung und Proteste gegen Monopolisierungsbestrebungen wurden laut. Besonders lebhaft wurde die zukünftige Stellung des Geodätischen Instituts diskutiert, welches die Gelehrten in der bisherigen Art erhalten wissen wollten, während von parlamentarischer Seite die Nutzbarmachung des Instituts für die praktische Vermessungstätigkeit angestrebt und seine Übernahme von Preußen auf das Reich als sicher hingestellt wurde. Demgegenüber wurde betont, daß die Hauptaufgabe der höheren Geodäsie, die Erforschung des Schwerkraftfeldes der Erde, bei Übernahme praktischer Arbeiten zu kurz kommen würde. Auch die Schwierigkeiten der Heranziehung eines wissenschaftlichen Nachwuchses wurden von verschiedenen Seiten beleuchtet. *O. B.*

Deutsche Meteorologische Gesellschaft.
(Berliner Zweigverein.)

Am 11. Mai hielt Prof. Dr. *Nippoldt* einen Vortrag über **die physikalische Erklärung des beharrlichen Feldes des Erdmagnetismus.** Unter dem beharrlichen Felde wird das der Erde eigentümliche Kraftfeld im Gegensatz zum kosmischen verstanden; seine Erklärung bietet sowohl formale wie physikalische Schwierigkeiten infolge der mangelnden Kenntnis der geologischen Beschaffenheit und infolge der hohen Temperatur des Erdinnern, da hohe Temperatur unter gewöhnlichen Verhältnissen die magnetischen Eigenschaften aufhebt. Das letztere Bedenken ist neuerdings wesentlich eingeschränkt durch die Messungen von *G. E. Hale* und seinen Mitarbeitern, welche aus der Größe des Zeemaneffektes bei gewissen Spektrallinien nachgewiesen haben, daß die Sonne trotz ihrer hohen Temperatur ein magnetisches Feld besitzt; man wird daher ein gleiches für die Erde annehmen können (vielleicht unter Einwirkung des hohen Druckes im Innern), ohne jedoch eine klare physikalische Vorstellung des Vorganges zu haben.

Die Grundlage der physikalischen Theorie bildet die Gaußsche analytische Darstellung der Beobachtungen durch Kugelfunktionen. Es kann jetzt als erwiesen gelten, daß auch die Glieder höheren Ranges dieser Entwicklung keine Rechengrößen sind, sondern daß gerade sie den Einfluß des Eigenmagnetismus der Erde enthalten. Da nach den Rechnungen magnetische Achse und Drehungsachse der Erde nahe zusammenfallen, so ist anzunehmen, daß die Erde durch Rotation von elektrisch geladenen Molekeln magnetisch wird. In Ergänzung der Arbeiten von *Sutherland* und *Lebedew,* welche eine Trennung der Ladungen durch Zentrifugalbeschleunigung annehmen, hat *L. A. Bauer* speziell das Anwachsen der Magnetisierung von den Polen zum Äquator genauer untersucht und diesen Zuwachs durch ein Glied dargestellt, das dem Quadrat des Cosinus der Breite proportional ist; er hat u. a. für die einzelnen Breitengrade die ersten Hauptglieder der Gaußischen Kugelfunktion dargestellt und schließt aus der Abhängigkeit der Koeffizienten von den Breitenkreisen, daß die Schwerkraft eine maßgebende Rolle spielt.

Herr *Nippoldt* hat einen abweichenden Weg der Darstellung eingeschlagen und dabei statt der Kugel ein Rotationsellipsoid der Rechnung zugrunde gelegt. Alsdann zeigt sich ein ziemlich enger Zusammenhang zwischen der Schwerebeschleunigung und den magnetischen Verhältnissen, so daß anscheinend nicht die Schwerkraft selbst, sondern die Schwerebeschleunigung die primäre Ursache des beharrlichen Feldes des Erdmagnetismus ist. Die Säkularvariation ist hiernach als Änderung der Magnetisierung der Erdrinde aufzufassen. *Sü.*

Botanische Mitteilungen.

Neue phototropische Fundamentalversuche. (*Buder,* Ber. d. d. bot. Ges. *38,* 1920.) Über neue Versuche, die für die Theorie des Phototropismus von entscheidender Bedeutung sind, berichtet im Anschluß an frühere Beobachtungen *Buder.* Die Experimente waren folgende: Auf die Spitze eines Sporangienträgers von Phycomyces nitens, die sich aus bestimmten optischen Gründen unter Wasser befand, wurde mit Hilfe eines geeigneten Linsensystems die scharfe Grenze eines Lichtstreifens derart projiziert, daß nur die eine Längshälfte beleuchtet wurde. Der Träger krümmte sich nun nach der beleuchteten Hälfte zu, also in einer Ebene, die zur Strahlenrichtung senkrecht steht. Ferner wurden Keimlinge von Avena von oben durch ein sehr feines Strahlenbündel („Lichtnadel") derart belichtet, daß entweder die ganze Längshälfte oder ein schmaler Streifen derselben von den Strahlen getroffen wurde. Auch hier wendeten sich die Keimlinge der belichteten Flanke zu und die Krümmung führte die Längsachse des Organs aus der Strahlenrichtung heraus. Schließlich wurden Haferkeimlinge vermittels einer sehr sinnreichen Apparatur von innen beleuchtet. Die Koleoptile wurde an der Basis abgeschnitten, das Primärblatt herausgezogen und nun in das hohle Organ von unten eine „Lichtsonde" eingeführt, die einen feinen Strahlenkegel auf die eine Flanke leitete. Die Keimlinge krümmten sich nun der beleuchteten Flanke zu, obwohl in diesem Falle die Reaktion das Organ direkt von der Lichtquelle wegzuführen strebt und eine Einstellung angestrebt wird, die der unter normalen Umständen erfolgenden in bezug auf die Strahlenrichtung gerade entgegenläuft. Es ist von Interesse, daß *Haberlandt* bei den derben, 3—4 cm dicken Sprossen einer Wegerichart (Polygonum Sieboldi) genau zu denselben Ergebnissen gelangte. Er führte in den hohlen Stengel eine kleine elektrische Birne ein und dichtete die eine Hälfte mit Stanniolstreifen ab. Auch hier wirkten Lichtrichtung und Lichtabfall antagonistisch, und entscheidend für den Ausgang des Versuchs waren die Helligkeitsunterschiede: die Sprosse kehrten sich von der Lichtquelle ab. Alle diese Experimente zeigen aufs klarste, daß für den Verlauf der phototropischen Reaktion nicht die Strahlenrichtung maßgebend ist, sondern das Lichtintensitätsgefälle, und damit ist die alte Kontroverse im letzteren Sinn eindeutig entschieden.

Über die gegenseitige Schädigung und Förderung von Bakterien. (*E. G. Pringsheim,* Centralbl. f. Bakt. 2. Abt. *51,* 1920.) Genau wie bei den höheren Organismen, so kommen auch bei den niederen durch das Zusammenleben Wechselwirkungen zustande, die je nach den bestehenden Verhältnissen zu einer Förderung oder Hemmung führen können. Nur sind diese Beziehungen bei der Kleinwelt viel weniger erforscht. Einige interessante Daten finden sich in dem Aufsatz von *Pringsheim,* der von Bakterien handelt. *Pringsheim*

arbeitete mit Doppelreinkulturen, d. h. „einem Gemisch zweier vorher isolierten Bakterienarten". Hierbei wurden die Keime des einen Bakteriums gleichmäßig über die Fläche eines Nährbodens verteilt, die des anderen strich- oder punktförmig dazwischengeimpft und das Verhalten der sich ausbreitenden Organismen an der Grenzzone beobachtet. Bei der Wechselwirkung waren folgende Momente zu berücksichtigen: 1. gegenseitige Entziehung der Nahrung, 2. Aufschließung von Nährstoffen für den einen Organismus durch den andern, 3. Entstehung von schädlichen Stoffwechselprodukten, 4. Änderung der Reaktion durch Säure- und Alkalibildung, 5. Verarbeitung und dadurch Beseitigung von Stoffwechselprodukten, die für den einen Organismus selbst schädlich sind. Im einzelnen ergab sich, daß Diphtheriebazillen durch Bac. mesentericus nicht nur in ihrer Ausbreitung gehemmt, sondern auch getötet werden. Als wirksames Agens stellte sich ein Gift heraus, das indes nicht chemisch identifiziert werden konnte. Die daran anschließende Idee, Kulturen von Bac. mesentericus zum Gurgeln zu verwenden und dadurch die Diphtherie zu bekämpfen, hat indes noch zu keinen Ergebnissen geführt. Umgekehrt werden Influenzabakterien und Gonokokken durch die Anwesenheit zahlreicher anderer Formen (Erreger des Eiters, der Diphtherie, der Cholera, des Typhus usw.) in ihrer Entwicklung gefördert, manchmal so sehr, daß sie auch auf Nährböden angehen, auf denen sie sonst versagen. Schließlich gelang es, Bakterien, die in Einzelkultur streng anaerob sind, durch Beimengung aerober Formen in sauerstoffhaltigem Medium zu kultivieren. Das sind nur einige Daten, bei einer weiteren Ausdehnung solcher Experimente werden zweifellos eine große Menge biologisch wichtiger Tatsachen gewonnen werden.

Die Beeinflussung unterirdisch wachsender Organe durch den mechanischen Widerstand des Wachstumsmediums. (*M. G. Stäfelt,* Ark. f. Bot. *16,* 1920.) Die Arbeitsleistung, die unterirdische Organe zu bewältigen haben, ist in hohem Maße von der Beschaffenheit des Bodens abhängig; je fester der Untergrund ist, desto größer ist der Widerstand, den sie in ihrem Vordringen überwinden müssen. Man darf daher erwarten, daß diese Verhältnisse sich einigermaßen in der Morphologie und Anatomie widerspiegeln, eine Vermutung, die durch die Untersuchungen von *Stäfelt* in vieler Hinsicht bestätigt worden ist. Wurzeln von Mais und Saubohne (Vicia Faba) wurden teils in festem, teils in lockerem Substrat kultiviert und miteinander verglichen. In beiden Fällen war entsprechend der schnellen Abnutzung der Wurzelspitze in festerem Boden das Wachstum beschleunigt und die Region größter Zellteilungsintensität nach der Spitze verlagert, um seitliches Ausbiegen bei dem höheren Widerstand möglichst zu verhindern. Außerdem war bei der Saubohne der osmotische Druck der Zellen erhöht. Neben Wurzeln wurden auch die Rhizome verschiedener Sandgräser (Triticum repens, Elymus, Calamagrostis und Carex aurenaria) untersucht. Diese Rhizome sind dadurch ausgezeichnet, daß sie vorn eine sogenannte „Bohrspitze" tragen. Es ist dies ein zu einer kegelförmigen Scheide umgewandeltes Blatt, das in der Längsrichtung von Gefäßbündeln durchlaufen ist. Diese treten zum Schutze gegen Pressung durch Queranastomosen miteinander in Verbindung und sind an dem Vorderende, wo der Widerstand am größten ist, zu einem Bastkegel vereinigt, der oft eine nadelscharfe Spitze bildet. In hartem Boden zeigen sich nun bei Triticum folgende Veränderungen: Die Internodien werden verkürzt, desgleichen die Zellen, welche die Internodien aufbauen, so daß die Querwände dichter aneinander lagern; die Spitze wird mitunter flach zusammengepreßt, so daß sie sich leichter zwischen den Bodenpartikelchen hindurchschiebt und das mechanische System wird in sehr auffälliger Weise verstärkt. Bei den anderen genannten Sandgräsern war ein solcher Unterschied nicht nachzuweisen: die Anpassungen an mechanischen Widerstand, die bei Triticum durch besondere äußere Verhältnisse ausgelöst werden können, sind bei ihnen schon normalerweise vorhanden, also zu einem konstanten Charakter geworden.

Die geschlechtliche Tendenz der Keimzellen gemischtgeschlechtlicher Pflanzen. (*C. Correns,* Zeitschr. f. Bot. *12,* 1920.) Die Frage, welche Geschlechtstendenz der Keimzellen gemischtgeschlechtlicher Pflanzen zukommt, ist noch wenig experimentell in Angriff genommen worden. Theoretisch sind verschiedene Annahmen möglich. Die nächstliegende ist nach *Correns* die, daß sowohl die Eizellen als auch die Spermatozoiden bzw. Pollenkörner die Geschlechtstendenz der Mutterpflanze tragen, also, wenn sie isoliert großgezogen würden, sich je nachdem zu monörischen oder zwittrigen Pflanzen heranbildeten. Aber man könnte auch annehmen, daß den weiblichen Keimzellen weibliche, den männlichen dagegen männliche Tendenz zukäme. Dann würde der zwittrige Charakter beispielsweise einer Erbsenpflanze durch die Vereinigung zweier Keimzellen mit verschiedener Tendenz zustandekommen. „Der Unterschied der beiden Verhalten liegt darin, daß bei dem ersten sowohl die männliche als die weibliche Keimzelle einer zwittrigen oder einhäusigen Pflanze alle Potenzen in entfaltungsfähigem Zustande in den Embryo brächte, bei dem zweiten die beiden Keimzellen sich gegenseitig ergänzten, indem die männliche Keimzelle nur die männlichen, die weibliche nur die weiblichen Potenzen entfaltungsfähig auf den Embryo übertrüge. Es müßte dann irgendwo in der Entwicklung der gemischtgeschlechtlichen Pflanze eine Aufspaltung der Geschlechtspotenzen eintreten, frühestens in dem Momente, wo die Geschlechtsorgane mit ihrem bestimmt determinierten Charakter herausgebildet werden. Es läßt sich nun zeigen, daß bei den Blütenpflanzen bis zu dem Eintritt der Reduktionsteilung so etwas nicht eintritt. Das ergibt sich aus dem Verhalten der apogamen Formen. „Sind sie ursprünglich Zwitter (Alchemilla, Taraxacum), so geben sie aus der diploiden Eizelle wieder zwittrige Nachkommen; sind sie getrenntgeschlechtlich, also weiblich, (Antennarien), wieder weibliche. Ebenso verhalten sich die Pflanzen mit Nucellarembryonen (Citrus, Hosta zwittrig, Coelebogyne weiblich). Wie sich parthenogenetische Eizellen verhalten würden, ist noch nicht bekannt. *Correns* hat nun entsprechende Versuche mit gemischtgeschlechtigen Moosen angestellt, indem er Hüllblätter und Paraphysen von Antheridien, Hüllblätter von Archegonien und Antheridien und Archegonien selbst zur Vorkeimbildung veranlaßte und daraus Moospflanzen züchtete. In allen Fällen ergab sich, daß die jungen Pflänzchen den Geschlechtscharakter der Mutterpflanze wiederholten und gemischtgeschlechtig wurden. Das spricht also deutlich für die erste Annahme. Da die Zellen der Antheridienwand Schwesterzellen der Spermatozoiden sind, so ergibt sich, daß also bis zur Bildung der Samenfäden der gemischtgeschlechtige Charakter beibehalten ist. Wie sich die Keimzellen selbst verhalten würden, ist auch hier noch nicht klargestellt, doch darf man

annehmen, daß sie ebenfalls keine Aufspaltung der Geschlechtspotenzen ergeben würden.

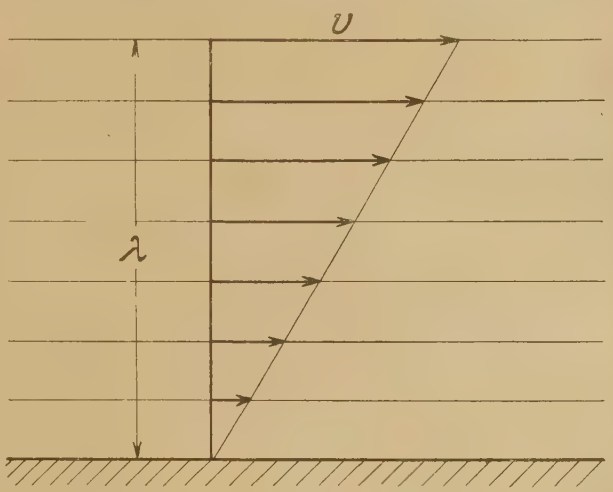
Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Wasserleitungsbahn und Transpirationsverhältnissen bei Helianthus annuus. (*E. Rübel*, Beih. z. bot. Centrbl. 37, 1. Abt., 1920.) Im Anschluß an ältere Versuche von *Jaccard*, welche sich auf Laub- und Nadelhölzer erstreckten, suchte *Rübel* zu ermitteln, ob auch bei einer einjährigen Pflanze wie der Sonnenblume eine Beziehung besteht zwischen der Ausbildung der Transpirationsorgane und der Gestaltung der Wasserleitungsbahnen. Um genaue zahlenmäßige Werte zu erhalten, wurde die gesamte Transpirationsfläche der Blätter berechnet und ferner der Prozentsatz, den die Gefäße, die ja in erster Linie die Wasserleitung besorgen, auf dem Stengelquerschnitt ausmachen, die sogenannte „Leitfläche". Die Größe dieser Leitfläche variiert natürlich in verschiedenen Höhenlagen des Stengels, aber es besteht tatsächlich eine feste Korrelation derart, daß ihre Ausdehnung abhängt von dem Ausmaß der Blattflächen, die oberhalb der berechneten Querschnittsfläche stehen. Entsprechend der Abnahme der Gesamttranspirationsfläche nach oben nehmen auch die Leitelemente im Stengelquerschnitt von unten nach oben nicht nur absolut, sondern auch relativ ab, desgleichen der Durchmesser der Gefäße, während die Bastelemente, die der Leitung der Assimilate dienen, zunehmen. Beachtung verdient nun, daß das Verhältnis von Leitfläche : Transpirationsfläche, ferner das Verhältnis von Blatttrockengewicht : Transpirationsfläche, Leitungsfläche : Trockengewicht, Leitungsfläche : Stengelquerschnitt usw. sehr stark schwankt mit den Kulturbedingungen (Kultur in verschiedenen Lichtintensitäten, Kultur in Töpfen, späte Aussaat, Entblätterung, Entfernung der Blüten, Kultur auf Salzboden usw.). Ein gemeinsam durchgehender Zug ist der, daß die Leitungsfläche um so größer wird, je mehr die Wasserleitungsbahnen durch Transpiration in Anspruch genommen werden. Daher geben normale Pflanzen höhere Werte als solche, die im Halbdunkel gewachsen sind, und diese wieder höhere als die Dunkelpflanzen. Die Pflanze besitzt also das Vermögen, die Summen der Leitungsbahnen dem jeweiligen Bedürfnis anzupassen. Mit der Wasserdurchströmung wächst aber auch die Zufuhr an Nährsalzen, und so ist es verständlich, daß mit der Größe der Leitfläche gleichsinnig auch das Trockengewicht ansteigt.

Stark.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Mechanisch-physikalische Probleme der Luftfahrt. Der Vortrag, den *Th. von Kármán* am 11. Juni 1920 in der Deutschen Gesellschaft für technische Physik hielt, beschränkte sich auf die Fragen, die mit dem *aerodynamischen* Problem des Fliegens unmittelbar zusammenhängen.

Der Vortragende erläuterte den Mechanismus des Strömwiderstandes und gab dabei eine sehr anschauliche Ableitung des sogenannten Reynoldsschen Ähnlichkeitsgesetzes: Strömt eine Flüssigkeit an einer Platte vorbei, so haftet die der Platte benachbarte Schicht, während die entfernteren Schichten rascher und rascher fließen (s. Fig.). Das Geschwindigkeitsgefälle quer zur Strömrichtung ruft Schubspannungen hervor, die durch den Zähigkeitsbeiwert μ bedingt werden (die Kraft auf die Flächeneinheit für die Einheit des Geschwindigkeitsgefälles $\frac{v}{\lambda}$, wobei λ den Abstand quer zur Strömung von der Platte bedeutet, in dem die Strömgeschwindigkeit auf den Wert v angewachsen ist). Ist die Massendichte der Flüssigkeit ϱ, so ist der Staudruck $\frac{\varrho}{2} v^2$. Die Schichtdicke λ, die so bemessen ist, daß der Staudruck der Schubspannung gleich ist, kann als „Reibungslänge" bezeichnet werden. Ihr Verhältnis zu einer geeignet gewählten Abmessung des Versuchskörpers nennt man die *Reynoldssche Zahl*; Versuche haben bestätigt, daß gleiche Reynoldssche Zahlen trotz verschiedener Größen, Geschwindigkeiten, Dichten, Zähigkeiten der umströmten Modelle bzw. strömender Flüssigkeiten oder wenig verdichteter Gase geometrisch ähnliche Strömverhältnisse bedingen. Sind die Abmessungen des Körpers klein gegen die Reibungslänge, so sind die Reibungskräfte allein



maßgebend, sind die Abmessungen dagegen sehr groß gegen die Reibungslänge, so sind die Massenkräfte maßgebend, und man wäre geneigt anzunehmen, daß die Wirkung der Reibungskräfte sich auf eine Schicht von der Größenordnung der Reibungslänge beschränkt.

Der „Widerstandsbeiwert" eines Körpers ist somit lediglich Funktion der *Reynoldsschen Zahl*. Mathematisch exakt lassen sich im allgemeinen die beiden erwähnten Grenzfälle behandeln: die „Reibungsströmung" (ganz geringe Reynoldssche Zahl R) und der Grenzfall reibungsloser Flüssigkeiten ($R = \infty$). Während jedoch im ersten Grenzfall Theorie und Erfahrung übereinstimmen, liefert die Theorie reibungsloser Flüssigkeiten den Widerstand Null, bzw. die Kirchhoff-Helmholtzsche Theorie der „diskontinuierlichen" Bewegungen falsche Widerstandswerte. Der Grund besteht darin, daß die Bewegungsform für unendlich große Reynoldssche Zahlen sich nicht immer der idealen Potentialströmung, sondern einer Wirbelströmung nähert, bei welcher die Strömung von der Wand des Widerstandskörpers sich ablöst. — Es gibt nun einen Fall, für welchen der ganze Verlauf der Bewegungsform bei allen Reynoldsschen Zahlen von Null bis unendlich exakt verfolgen läßt: *die ebene Strömung zwischen geradlinigen Wänden*. Dieser Fall wurde zuerst von *Hamel* untersucht. Konvergieren die beiden Wände (Energieübersetzung vom Druck in Geschwindigkeit), so gibt es einen stetigen Übergang von der Reibungsströmung (Poiseuillesche Geschwindigkeitsverteilung)

bis zur gleichförmigen Potentialströmung, wobei die Wirkung der Reibung auf eine Schicht sich beschränkt, die von der Größenordnung der „Reibungslänge" ist. Bei divergenten Wänden dagegen, *wenn Geschwindigkeitsenergie in Druck übersetzt wird*, erhält man bei großen Reynoldsschen Zahlen Rückströmung an der einen oder an beiden Wänden, d. h. der Strahl schießt in der Mitte durch oder er legt sich entweder links oder rechts an die Wand an. Dementsprechend beobachtet man auch an Widerstandskörpern, z. B. an stromlinienförmigen Strebenprofilen, die sich nach hinten verjüngen, so daß hinter dem Körper eine Umsetzung der Geschwindigkeit in Druck erfolgen müßte, eine Ablösung der Strömung, wie sie insbesondere von *Prandtl* genau untersucht wurde. Sobald nämlich die Strömungsenergie teilweise in Druck umgesetzt werden soll, wird die Grenzschicht, die am Körper haftet, durch diesen Gegendruck bis zur Bewegungsumkehr verzögert, löst sich ab und teilt sich in Wirbel, die — wie der Vortragende in einer früheren Arbeit gezeigt hat — nur bei besonderer unsymmetrischer Anordnung stabil sind. Man beobachtet auch plötzlichen Wechsel in der Bewegungsform, so wird z. B. bei einer gewissen Reynoldsschen Zahl der Widerstand geringer, es können sogar in einem bestimmten Bereiche zweierlei Widerstandswerte bestehen. Damit hängt auch die noch nicht völlig geklärte Verminderung des Widerstandes einer Kugel durch einen Ring, den man quer zur Strömung herumlegt, zusammen.

Die Erscheinung des *Auftriebes* kann durch den bekannten Nachweis der seitlichen Kraft eines in einer Flüssigkeit gedrehten und gleichzeitig senkrecht zur Drehachse fortbewegten Körpers erläutert werden. Er hat seinen Grund in der Zirkulation der Flüssigkeit um den Tragflügel, also in der erhöhten Geschwindigkeit auf der Oberseite, der verminderten auf der Unterseite, dem ein Druckunterschied und damit eine Kraftwirkung der strömenden Flüssigkeit entspricht. Die Zirkulation selbst entsteht gewissermaßen als Gegengewicht gegen einen Wirbel, der zu Beginn der Bewegung fortgeführt wird. Beim Anhalten eines Tragflügels bildet sich der entgegengesetzte Wirbel, der die Zirkulation wieder aufhebt. Wirksamer Auftrieb läßt sich nur mit Tragflügeln von unsymmetrischem Profil erzeugen. An den Rändern des Flügels hört die Zirkulation nicht auf, sondern setzt sich nach hinten in Gestalt von zwei Wirbelzöpfen fort. Diese Randwirbel geben eine Abwärtsgeschwindigkeit an der Flügelvorderkante, somit eine Rückwärtsneigung der Auftriebsrichtung, also (bezogen auf die ursprüngliche Strömrichtung) einen Widerstand, den sog. „induzierten" Randwiderstand, dessen Größe man aus der Zirkulation berechnen kann.

So wertvoll diese Theorien sind, konstruktive Ratschläge vermag erst das Experiment zu bringen. Vor allem sind Flugversuche mit *besonders ausgebildeten Meßgeräten* notwendig. Zum Schluß des Vortrages wurden eine Anzahl solcher Instrumente kurz vorgeführt, z. B. die Meßnabe der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, der Flügelbeanspruchungsmesser von *Klemperer*, der die zur Flügelebene senkrechte Komponente der Resultierenden aus Schwere und Massenkräften, und damit die für die Flügelbeanspruchung maßgebende Luftkraft mißt, sowie der *Drexler*-Steuerzeiger, in dem ein Kreisel die Wendungen und ein Neigungsmesser unter Berücksichtigung der durch den Kreisel angezeigten Kurve die wahre Lage des Flugzeuges angibt.

Der Vortragende behandelte auch kurz die Frage der *Schwingenflugzeuge*. So erwünscht das Landen auf der Stelle wäre, so wenig war es bisher möglich, den Mechanismus des Vogelfluges in die Technik zu übertragen. Hubschraubenflugzeuge wären unwirtschaftlich, da eine Schraube, die ständig dieselben Luftmengen abwärts schleudern muß, mit der gleichen Leistung geringere Lasten heben kann als eine solche, die mit Drachenflügeln ständig neue Luftschichten bearbeitet. Der Vortragende hat während des Krieges beim österreichischen Heere ein Hubschraubenflugzeug als Ersatz für Fesselballone gebaut, das einzige, das bis dahin wirkliche Aufstiege (bis 100 m) unternommen hat; es ging aber infolge Motorstörung und dadurch verursachter Landungshavarie zugrunde.

Weitere interessante mechanisch-physikalische Aufgaben bieten *Steigfähigkeit und Stabilität*, vor allem Seitenstabilität. Die allgemeine Bewegung des Flugzeuges ist bisher noch nie vollständig dargestellt worden. Bei Versuchen müßten Instrumente die drei Geschwindigkeits- und vor allen die drei Drehkomponenten richtig messen. In der Aussprache wurden von *Reißner*, *v. Parseval*, dem Vortragenden und dem Berichter unter anderem die Vorteile des Schwingenflugzeuges vor dem Schraubenflugzeug, nämlich besserer Wirkungsgrad infolge geringer Flächenbelastung, wegen der großen Spannweite auch bei niedrigem Fahrgestell, aber die Schwierigkeit der baulichen Ausnutzung dieser Leistungsersparnis, ferner die mangelnde Stabilität des Schraubenflugzeuges, vor allem bei Seitenwind, und endlich die Möglichkeit, die Zirkulationsrechnung unmittelbar für den Flugzeugbau nutzbar zu machen, erörtert.

Everling.

Über die Selbstregeneration eines Enzyms nach Metallvergiftung. (*Euler, H. v.*, und *Olof Svanberg*, Ark. f. Kem., Mineral. o. Geol.) Zu sehr bemerkenswerten Resultaten gelangten *H. v. Euler* und *Olof Svanberg* bei Versuchen über die Einwirkung von Schwermetallsalzen auf das zuckerspaltende Ferment der Hefe, die deshalb von besonderem und allgemeinem Interesse sind, weil sie in weitgehendem Maße in Analogie zu bekannten Erscheinungen der Immunitätslehre stehen. Im Jahre 1902 beobachtete *Danysz* im Institut Pasteur, daß die Giftigkeit eines Gemisches von bestimmten Mengen von Ricin und Antiricin größer ist, wenn man das Ricin in 2 Portionen mit genügend langer Pause zu dem Antiricin zusetzt, als wenn man es auf einmal ganz zugibt. Diese Tatsache, seither als *Danyszeffekt* viel diskutiert, konnte in der Folge auch an anderen Toxin-Antitoxinpaaren beobachtet werden. *Arrhenius* und *Madsen* haben den Danyszeffekt eingehend erforscht, indem sie *seine Abhängigkeit* von der *Konzentration*, der *Zeit* und der *Temperatur* untersuchten.

Gemessen wird der Danyszeffekt, indem man die Aktivitätszahl feststellt, die die Giftigkeit angibt, wenn man Toxin und Antitoxin auf einmal zusammengibt, und diese Zahl gleich 1 setzt. Wartet man mit dem Zusatz der 2. Portion Toxin eine bestimmte Zeit, so stellt sich ein konstanter Endwert der Giftigkeit ein, den man mit der gewählten Einheit ausdrückt. Die Differenz dieses Endwertes minus der Einheit gibt die Größe des Danyszeffektes an.

Madsen und *Arrhenius* stellten fest, daß bei gegebener Menge Toxin der Danyszeffekt linear mit der verwandten Antitoxinmenge wächst und daß eine bestimmte Mindestmenge von Antitoxin bei gegebener Toxinkonzentration nötig ist, um überhaupt einen Danyszeffekt zu erzielen. Was den zeitlichen Verlauf der Reaktion angeht, so nahmen die beiden Forscher an, daß sie monomolekular verlaufe, fanden aber für k der monomolekularen Formel $\frac{dx}{dt} = k\,t$, im ganzen mit der Zeit fallende Werte. Der Einfluß der Temperatur auf den Endwert des Danyszeffektes ist nur gering, die Geschwindigkeit des Reaktionsverlaufes ändert sich für 10 ° Temperaturunterschied im Verhältnis 1 : 1,86, einen für eine chemische Reaktion recht geringen Temperaturkoeffizienten.

Diese Tatsachen sind es, mit denen *Euler* und *Svanberg* die von ihnen beobachteten Erscheinungen vergleichen. Sie benutzten zu ihren Versuchen eine aus Bierhefe hergestellte, sorgfältig gereinigte und nach Trockengewicht, Stickstoffgehalt und Inversionsfähigkeit wohl definierte Saccharase. 1 ccm dieser Enzymlösung ließen sie auf 4,8 g Rohrzucker wirken in einer Lösung, deren Säuregrad durch primäres Kaliumphosphat festgelegt war. Nachdem die Geschwindigkeit der Zuckerinversion bei 18 ° festgestellt war, „vergifteten" sie das Enzym mit wechselnden Mengen Sublimat (0,3—3,0 mg pro 1 ccm Enzymlösung) und Silbernitrat (0,02—0,12 mg). Die Zuckerinversion wird hierdurch gehemmt, und zwar sinkt die Reaktionsgeschwindigkeit mit wachsender Giftmenge, beim Sublimat nach Art einer Exponentialfunktion, beim Silbernitrat aber linear. Wird das Gift aus dem Reaktionsgemisch wieder entfernt, indem man es mit H_2S ausfällt, so stellt sich die ursprüngliche Inversionsfähigkeit wieder ein. Die Reaktion zwischen Enzym und Gift ist also umkehrbar. Durch elektrometrische Messungen kann man zeigen, daß freie Silberionen des Silbernitrats durch die Einwirkunng des Enzyms aus der Lösung verschwinden. Die Kette:

$$\text{Ag} \;\Big|\; \begin{matrix}0{,}056\text{ mg Ag}NO_3\\ +18\text{ ccm }H_2O\end{matrix} \;\Big\|\; \begin{matrix}0{,}056\text{ mg Ag}CO_3\\ +18\text{ ccm }H_2O\end{matrix} \;\Big|\; \text{Ag}$$

ist spannungsfrei. Setzt man zu der einen Seite der Kette 1 ccm Enzymlösung, so stellt sich ein Potential von 95 Millivolt ein. Das entspricht einer Verminderung der Silberionen auf 2 % des ursprünglichen Wertes. Diese Herabsetzung der Metallionenkonzentration beruht nicht auf einer Reduktion der Ionen zu metallischem oder kolloidalem Silber, sondern auf einer komplexen Bindung derselben durch Bestandteile des Ferments.

Alle diese Versuche waren in der Weise angestellt, daß das Enzym mit Rohrzucker und Gift gleichzeitig in Berührung kam, wobei sich übrigens noch zeigte, daß der Zucker eine deutliche mit seiner Menge wachsende Schutzwirkung gegen die Metallvergiftung des Enzyms ausübt. *Die mit dem Danyszeffekt vergleichbaren Erscheinungen* stellten sich ein, wenn man dem Metallsalz Gelegenheit gibt, in zuckerfreier Lösung auf das Ferment verschieden lange Zeiten einzuwirken. Es zeigt sich dann das überraschende Resultat, daß die *Inaktivierung des Enzyms* durch Metallsalze mit der Zeitdauer der Einwirkung *freiwillig zurückgeht.* Das Enzym regeneriert sich bis zu einem gut reproduzierbaren, von dem ursprünglich erreichten Vergiftungsgrad weitgehend unabhängigen Werte der Inversionsfähigkeit. Bringt man zu 1 ccm Enzym wechselnde Mengen Gift, so ergibt sich folgendes Bild:

$HgCl_2$	Zeit der Einwirkung	$k \cdot 10^4$
0,16 mg	3 Min.	249
„	120 „	357 (konstant)
0,276 mg	3 „	180—114
„	120 „	290—241
„	16 Stdn.	351 (konstant)
0,62 mg	3 Min.	53—28
„	120 „	107—54
„	ca. 50 Stdn.	345 (konstant)

Euler und *Svanberg* vergleichen diese *Selbstregeneration des Enzyms* mit dem *Danyszeffekt*, indem sie in Parallele setzen:

Erythrocyten	Toxin	Antitoxin
Rohrzucker	Saccharase	$HgCl_2$ bzw. $AgNO_3$

Setzt man die Aktivität des Enzyms bei maximaler Vergiftung ohne Regeneration, also den unmittelbar nach dem Zusatz des Metallsalzes erreichten Vergiftungsgrad gleich 1, berechnet man andererseits den nach der Regeneration erreichten konstanten Endwert der Enzymaktivität mit dieser Einheit gleich x und subtrahiert davon 1, genau analog der Berechnung des Danyszeffektes, so zeigt sich, daß dieser Wert $x - 1$ eine lineare Funktion der Giftmenge ist, ebenso wie der Danyszeffekt eine lineare Funktion der Antitoxinmenge ist; und zwar steigt der Wert $x - 1$ mit zunehmender Giftmenge. Auch der zeitliche Verlauf der Regenerationsreaktion ist dem des Danyszeffekts ähnlich, auch hier bilden die Werte der Reaktionskonstanten eine fallende Reihe. Die Temperatur hat auch hier auf den durch Regeneration erreichten Endwert kaum einen Einfluß. Es wurden gefunden bei 16 ° $k = 0{,}0345$, bei 40 ° $k = 0{,}036$. Die Reaktionsgeschwindigkeit ändert sich bei einer Temperaturänderung von 10 ° im Verhältnis 1 : 3.

Die Analogie zwischen Danyszeffekt und Selbstregeneration der Saccharase ist in die Augen springend und, da es sich bei den Eulerschen Versuchen um Hemmungsstoffe handelt, die nicht nur chemisch besser definiert sind, sondern auch hinsichtlich ihres Schicksals elektrometrisch gut verfolgt werden können, so dürfte die weitere Diskussion dieser Frage auch zur Klärung des Danyszeffektes selbst manchen wertvollen Beitrag liefern. *Petow.*

Zur Zerstörung der Gas- und Wasserleitungen in gipshaltigem Lehmboden. *P. Medinger* berichtet über interessante Untersuchungen, die er gelegentlich der Korrosion einer neu verlegten Wasserleitung (durch „Spongiose") angestellt hat, um die Ursache der Anfressung der Röhren aufzuklären. Die gußeisernen Röhren waren an der Außenseite, namentlich an den Flanschen, stark zerfressen und teilweise durchlöchert. Die Untersuchung eines frisch entnommenen Stückes der zerstörten Leitung ergab, daß das Eisen fast gar nicht oxydiert, sondern in Form von metallischem Eisen vorhanden war. Das Eisen befand sich jedoch in pulverförmigem Zustand und an den korrodierten Stellen waren über 60 % des Eisens herausgelöst, während die Nebenbestandteile (Kohlenstoff, Silicium, Phosphor und Schwefel) auf fast den achtfachen Betrag angereichert waren, und zwar, mit Ausnahme des Kohlenstoffs, in Form ihrer Sauerstoffverbindungen. Die zerstörten Rohre lagen in dichtem gelbgrauem Lehm, der von Gipsnestern durchsetzt war

und außerdem Calciumbikarbonat enthielt. Die Versuche des Verfassers bestätigten die Vermutung, daß die rasche Zerstörung der Leitungsrohre auf Lokalströme zwischen dem Eisen und dem darin enthaltenen Graphit zurückzuführen ist. Obwohl die Potentialspannung zwischen Eisen und Graphitkohle, die zu 0,6 Volt ermittelt wurde, wesentlich unterhalb der Zersetzungsspannung des Wassers (1,68 Volt) und der einer Gipslösung liegt, so ist eine dauernde Strombildung, wie Verfasser nachgewiesen hat, doch möglich. Merkwürdigerweise werden diese schwachen Ströme durch Zusatz eines Salzes selbst von höchster Zersetzungsspannung zum Wasser beträchtlich verstärkt; eine Erklärung für diese Erscheinung wurde bisher noch nicht gefunden. Vielleicht ist die Verstärkung der Stromstärke bei Zusatz von Gips auf die dadurch bewirkte Vermehrung der stromtransportierenden Ionen zurückzuführen. Von großer Bedeutung ist ferner die Wirkung des Gipses auf die Dissoziation der freien Kohlensäure im Wasser, denn mit der Dissoziation der freien Kohlensäure steigt und fällt, wie Verfasser schon bei früheren Untersuchungen festgestellt hat, die Aggressivität eines Wassers gegenüber Eisen. Durch den Zusatz von Gips nimmt die Dissoziation des Calciumbikarbonats ab, die der freien Kohlensäure dagegen zu, so daß die Wasserstoffionenkonzentration des Wassers größer wird und damit auch seine Aggressivität wächst. *Der in dem Lehmboden enthaltene Gips* wirkt somit beschleunigend auf die Zerstörung der Rohrleitung und *die im Lehm vorhandene Kohlensäure* spielt dabei eine Hauptrolle. Auch der *Mangel von Luftsauerstoff* ist von großem Einfluß, denn bei Luftabschluß kann sich auf dem Eisen keine schützende Rostschicht bilden und die Potentialdifferenz Graphit-Eisen bleibt dauernd höher. Hierzu kommt, daß der Lehm bekanntlich Salze und Feuchtigkeit hartnäckig zurückhält, so daß die Rohre dauernd unter dem zersetzenden Einfluß der Elektrolyse stehen. Die raschere Korrosion des Eisens bei Luftabschluß hat Verfasser durch vergleichende Versuche einwandfrei nachgewiesen; wegen der Ausführung dieser Versuchsreihen und ihrer zahlenmäßigen Ergebnisse sei auf das Original verwiesen. — Zusammenfassend läßt sich folgendes über die Ursache der Zerstörung der eisernen Rohre feststellen: Die Lokalströme Graphit-Eisen verstärken die Rosttendenz des Gußeisens. Die Korrosion schreitet ununterbrochen fort, da der Lehm Wasser und Salze hartnäckig festhält. Der wechselnde Elektrolyt wirkt in demselben Sinne, indem er die Entstehung von Gleichgewichtszuständen verhindert. Die Gegenwart freier Kohlensäure verstärkt sowohl die Lösungstension des Eisens als auch die Wirkung der Lokalströme bedeutend, zumal durch gleichzeitig vorhandenen Gips die Dissoziation der Kohlensäure und damit die Wasserstoffionenkonzentration verstärkt wird. Durch den Mangel von Luftsauerstoff bleiben die wirksamen Potentialspannungen bedeutend höher als bei Luftzutritt. Auf Grund dieser Ergebnisse hat Verfasser zur *Verhütung der Spongioseerscheinungen* vorgeschlagen, die Rohre dort, wo man sie in Lehm zu verlegen gezwungen ist, mit sandigem, porösem Erdreich zu umgeben und auch die Gräben bis oben hin mit porösem Boden aufzufüllen, um der Luft Zutritt zu gestatten. (*Journal f. Gasbelchtg. u. Wasserversorgg.* Bd. 61, S. 73 bis 76, 89 bis 91.) *S.*

Ein bemerkenswerter Fall von Tierkreislicht. Das Zodiakal- oder Tierkreislicht, eine in unseren Breiten im Frühjahr abends und im Herbste vor Sonnenaufgang zu beobachtende, gewöhnlich unbedeutende Erscheinung, steigert sich in den Tropen bekanntlich zuweilen zu einem auffälligen Phänomen. Unter den zahlreichen Beobachtungen, die ich auf Reisen in niederen Breiten dieser Himmelserscheinung widmete, hebt sich die eines Falles derart hervor, daß sie eines Berichtes würdig erscheint. Sie wurde in der Mündung des Amazonenstromes in 1° 10′ südl. Breite bei Punta Musqueiro am 5. Januar 1912 nach Sonnenuntergang gemacht. Die atmosphärischen Zustände waren folgende: Luftdruck 762, leichte nördliche Brise, Lufttemperatur 27,8°, klarer Himmel, Bewölkung 1; die beiden Thermometer des Psychrometers zeigten einen Unterschied von 2,3°. Das Tierkreislicht stieg am Westhorizont mit breiter Basis und einer nördlichen Neigung von etwa 60° zwischen dem Sternbilde des Pegasus, an das es sich anlehnte, und dem Fomalhaut im Wassermann empor und verschmälerte sich zu einer Spitze, die sich in etwa 90° Höhe im Nachthimmel verlor. Es begann nicht unmittelbar über der den Horizont bildenden Wasserfläche des Stromarmes, sondern in einigem Abstande parallel über ihr. Seine Helligkeit war im Vergleiche zu den vorher beobachteten Tierkreislichtern eine beträchtliche, was schon daraus hervorging, daß die Erscheinung allgemein auffiel, während sie doch sonst auch in den Tropen dem Laien meist entgeht. Das Licht war dem der Milchstraße gleichwertig, wenn es dieses nicht sogar übertraf. Ein Gegenschein war nicht mit Sicherheit festzustellen. Sehr eigenartig war die Wirkung auf das Landschaftsbild. Schwarze, von grau erscheinenden Stämmen unterbrochene, von vereinzelten Palmen überragte Urwaldufer säumten den vom gestirnten Himmel überwölbten, leichtbewegten Stromarm. Vom Westhorizont her lief ein schwacher Lichtkegel, das Spiegelbild des Tierkreislichtes, gespenstisch auf das im Strome ankernde Schiff zu, in der Nähe von beständig sich verändernden schwarzen Linien unterbrochen, den dem Lichte abgekehrten Wellenböschungen. Das Tierkreislicht wurde zuerst ungefähr eine Stunde nach Sonnenuntergang wahrgenommen und war etwa eine Stunde lang zu sehen. Auch an den nächsten Abenden zeigte es sich unter meteorologisch gleichen Umständen in angenäherter Stärke. Am 10. Januar, nach einem an Regen und Gewitterböen reichen Tage, war auch ein Gegenschein mit Sicherheit auszumachen. Während der weiteren Reise auf dem Amazonas erschien es in etwas verminderter, doch immerhin beachtenswerter Stärke allabendlich, einem Wegweiser gleich, in der Zielrichtung des Schiffes. — Am 5. Januar handelte es sich offenbar um ein hervorragend helles Tierkreislicht, wie es *Humboldt* aus dem Hochlande von Mexiko beschrieben hat, desgleichen am 10. Januar. Aber auch die übrigen Fälle zeichneten sich von den sonst in den Tropen beobachteten durch große Helligkeit aus. Man kann daher vielleicht die ganze Periode auffallend hellen Tierkreislichtes, die vom 5. Januar bis mindestens zum 18. Januar dauerte, als eine Einheit zusammenfassen und sie mit dem in einem aztekischen Manuskripte beschriebenen, durch *Humboldt* bekannt gewordenen, vierzig Nächte hintereinander sichtbaren Tierkreislichte vergleichen. *B. Brandt.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W. 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 34. (Seite 667—690) **20. August 1920.** **Achter Jahrgang.**

LIBRARY RECEIVED OCT 21 1920 U. S. Department of Agriculture

INHALT:

Der Bericht der englischen Sonnenfinsternisexpedition über die Ablenkung des Lichtes im Gravitationsfelde der Sonne. Von *Erwin Freundlich, Berlin-Neubabelsberg.* S. 667.

Über einige Fragen der Faserstoffchemie. Von *R. O. Herzog, Berlin-Dahlem.* S. 673.

Die biologischen Ergebnisse der Wildmarkierung. Von *Karl Eckstein, Eberswalde.* S. 681.

Über eine wahrscheinlichkeitstheoretische Rechtfertigung des Erwartungsgefühles (Bayessche Regel). Von *Paul Hertz, Göttingen.* S. 684.

Besprechungen:

Wasmann, D., Die Gastpflege der Ameisen, ihre biologischen und philosophischen Probleme. Selbstanzeige. S. 687.

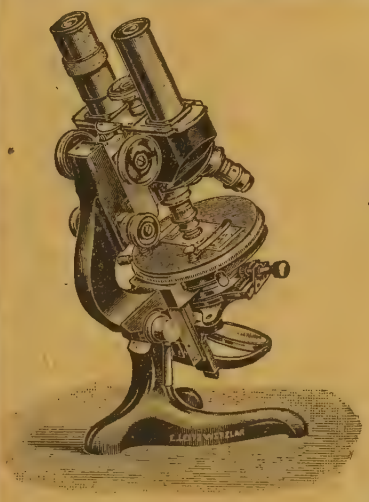
Engler, A., Das Pflanzenreich. Von *W. Wangerin, Danzig-Langfuhr.* S. 689.

Zuschriften an die Herausgeber:

Über den Geruch brechenden Gesteins. Von *B. Brandt, Beizig i. d. M.* S. 689.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.



Binokulares Mikroskop mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren

Mikrophotographische und Projektionsapparate

Mikrotome, Lupen und Lupenmikroskope ❖ Prismenfernrohre.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"

Berlin W 9, Link-Str. 23-24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 26.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1,50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztewelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.
Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co. G.m.b.H. CÖLN a. Rh.

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang — *Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.*
Berlin — *Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche*
Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

Mikroskopische Präparate

Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Testplatten, Mineralogie und Geologie. Neue Liste gegen Einsendung von M. 5.—, welche bei einem Auftrage von M. 20.— angerechnet werden.

J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (207)

Lichtbilder
für Projektion
aus allen Gebieten der Wissenschaft, Kunst, Völkerkunde etc.

Projektionsapparate

A. Krüss
Optisch-Mechanische Werkstätten
Inhaber: Dr. **Paul Krüss,**
Hamburg 11. (192)

Ueber die Auffindung der Röntgenstrahl-Interferenzen
Nobel-Vortrag
gehalten am 3. Juni 1920 in Stockholm von
M. v. Laue
Professor der theoretischen Physik an der Universität Berlin
16 Seiten in Umschlag geheftet M. 2.50
Druck und Verlag: (215)
C. F. Müllersche Hofbuchhandlung m. b. H.
Karlsruhe (Baden), Ritterstraße 1

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Textilfaserkunde mit Berücksichtigung d. Ersatzfasern u. d. Faserstoffersatzes

Ein Hand- und Hilfsbuch für den Unterricht an Textilschulen und technischen Lehranstalten, sowie für Textiltechniker, Landwirte, Volkswirtschaftler usw.

Von
Dr.-Ing. E. h. **G. Rohn**
in Schönau bei Chemnitz
Mit 87 Textfiguren
(Ergänzungsband von „Neue Mechanische Technologie der Textilindustrie")
Preis M. 10.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 20. August 1920. Heft 34.

Der Bericht der englischen Sonnenfinsternisexpedition über die Ablenkung des Lichtes im Gravitationsfelde der Sonne.

Von Erwin Freundlich, Berlin-Neubabelsberg.

Die ausführliche Veröffentlichung[1]) der Ergebnisse der englischen Sonnenfinsternisexpeditionen liegt nun vor und gibt uns ein Bild davon, wie weit ihre Beobachtungen wirklich die Existenz der von der allgemeinen Relativitätstheorie geforderten Lichtablenkung im Gravitationsfelde der Sonne nachweisen. Die sehr ausführliche Veröffentlichung gestattet die Reduktion der Beobachtungen bis in alle Einzelheiten zu verfolgen und die Zuverlässigkeit der aus ihnen gewonnenen Resultate zu prüfen.

Es wurden zwei Expeditionen ausgerüstet; die eine nach Sobral in Nord-Brasilien, die andere auf die Insel Principe in der Nähe der afrikanischen Küste, da diese Orte nach einer Prüfung der meteorologischen Verhältnisse durch den englischen Astronomen *Hinks* am meisten Aussicht auf günstiges Wetter böten. Die Organisation des ganzen Unternehmens lag in der Hand einer Kommission, die sich aus führenden englischen Astronomen und Astrophysikern — *Dyson, Eddington, Fowler* und *Turner* — zusammensetzte. Die englischen Astronomen waren sich also der Bedeutung des geplanten Unternehmens durchaus bewußt, und es verdient besonders erwähnt zu werden, daß alle Mitglieder der Kommission, obwohl bis dahin wohl nur *Eddington* unter ihnen sich theoretisch mit der Relativitätstheorie ausführlich auseinandergesetzt hatte, doch ihre praktische Erfahrung in den Dienst der Sache stellten.

An der einen Expedition — nach Brasilien — nahmen *Davidson* und *Crommelin* teil, an der zweiten *Eddington* und *Cottingham*. Jede Expedition erhielt ein Objektiv von einem der Astrographen in Oxford und Greenwich, deren Brennweite etwa 3,5 m beträgt. Außerdem nahm die Expedition nach Sobral ein 4zölliges Objektiv von fast 6 Meter Brennweite mit. Parallaktische Montierungen wurden nicht mitgenommen; es wurde vielmehr die Anordnung getroffen, die auch sonst bei Finsternisexpeditionen üblich ist, nämlich das Fernrohr mit Objektiv und Kassette horizontal gelagert und mit Hilfe eines Coelostaten das Licht der Sonne und der sie umgebenden Himmelsgegend in das Objektiv geworfen. Diese Anordnung ist viel einfacher zu transportieren als eine schwere Fernrohrmontierung. Sie bringt aber einerseits durch das Dazwischenschalten der Coelostastenspiegel in den Lichtweg leicht eine Verschlechterung der Sternbilder auf den Platten mit sich und leidet außerdem an dem Übelstand, daß der Beobachter das Fernrohr während der Exposition nicht „mitführen" kann; d. h. er muß damit rechnen, daß das Uhrwerk des Coelostaten während der Expositionszeit ohne Korrektur so regelmäßig abläuft, daß die Sternbilder rund werden. Doch da nur mit kurzen Expositionszeiten von wenigen Sekunden aufgenommen wurde, so bedeutete diese Vereinfachung des Verfahrens keinen wesentlichen Übelstand.

Die Aufgabe.

Auf Grund der von der allgemeinen Relativitätstheorie vorausgesagten Lichtablenkung im Gravitationsfelde der Sonne bot sich den Astronomen folgende Aufgabe dar. Es mußte nachgewiesen werden, daß die Abstände von Sternen in der Umgebung der, während der Finsternis verdunkelten, Sonne systematisch gegenüber ihren Werten auf gewöhnlichen Nachtaufnahmen verändert erscheinen. Infolge der Lichtablenkung sollten die Sterne scheinbar von der Sonne abrücken. Es müßte also der Abstand zweier Sterne, die sich auf beiden Seiten der Sonne diametral gegenüberliegen, vergrößert werden, und zwar um so mehr, je näher sie dem Sonnenrande liegen. Die Einsteinsche Theorie bestimmt für diese Vergrößerung des Abstandes zweier Sterne, die sich an den Enden eines Sonnendurchmessers gegenüberstehen, den Betrag von 3″,5; dieser Effekt sollte proportional mit dem Abstande vom Sonnenmittelpunkte abnehmen. Von den während der Finsternis am 29. Mai 1919 in der Umgebung der Sonne liegenden Sternen lagen drei ungefähr im Abstande von einem Sonnenradius vom Sonnenrande (Fig. 1); für diese waren Verschiebungen im Betrage von etwa 1″ von ihrem normalen Orte zu erwarten. Bei den Astrographenobjektiven mußte diese Verschiebung auf der Platte ungefähr $^1/_{60}$ Millimeter betragen, ein bei guten Aufnahmen noch mit Sicherheit nachweisbarer Betrag.

Für verschiedene weiter entfernte Sterne durfte der Effekt der Lichtablenkung kaum noch merklich sein. Man hatte also nicht nur die Möglichkeit, den Betrag der Lichtablenkung in der Nähe des Sonnenrandes, sondern auch seine Ab-

[1]) A determination of the deflection of light by the sun's gravitational field, from observations made at the total eclipse of May 29, 1919, by Sir F. W. Dyson, F. R. S., Astronomer Royal, Prof. A. S. Eddington, F. R. S., and Mr. C. Davidson. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Ser. A, Vol. 220, Pp. 291—333.

nahme mit zunehmendem Abstand der Sterne von der Sonne nachzuprüfen. Es lag nahe, in der Weise vorzugehen, daß man unmittelbar Nachtaufnahmen der betreffenden Himmelsgegend — möglichst unter gleichen Bedingungen genommen — mit Aufnahmen, die während der Sonnenfinsternis gemacht waren, zur Deckung zu bringen suchte. Machte sich eine Lichtablenkung auf der Sonnenfinsternisplatte bemerkbar, so durften sich beide Aufnahmen nicht vollständig zur Deckung bringen lassen und man brauchte nur die relativ kleine Verrückung der einander entsprechenden Sternbilder zu vermessen. Dadurch reduzierte man die Aufgabe auf

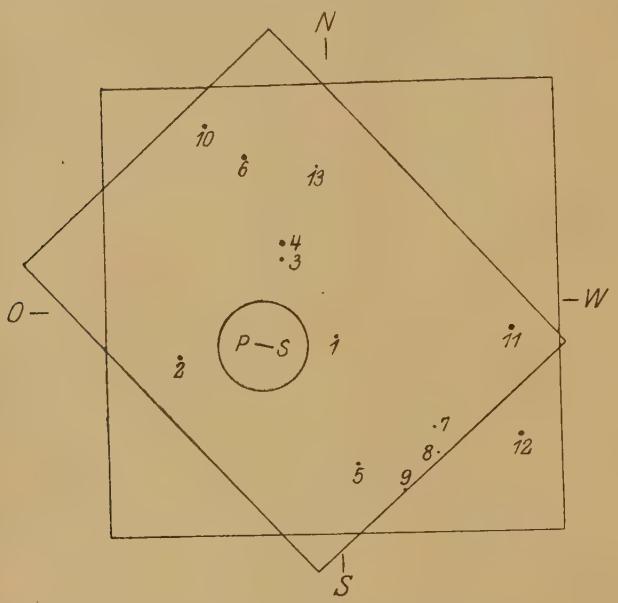


Fig. 1. Sterne in der Umgebung der Sonne während der Finsternis am 29. Mai 1919.

die lineare Vermessung sehr kleiner Strecken, was mit der erforderlichen Genauigkeit durch die vorhandenen Plattenmeßapparate leicht geschehen konnte.

Das Ergebnis solcher Messungen soll nun für beide Expeditionen getrennt besprochen werden, da sich die verschiedenen Beobachter doch im einzelnen etwas anderer Methoden bedienten.

1. Die Expedition nach Brasilien.

Diese Expedition führte zwei Instrumente mit: ein 4zölliges Objektiv mit einer Brennweite von etwa 6 Meter und das auf 8 Zoll abgeblendete Objektiv des Himmelskartenrefraktors mit einer Brennweite von 3,5 Meter. Mit dem ersten Instrumente gelangen 7 Aufnahmen während der Totalität. Sie zeigten 7 Sternscheibchen in der Umgebung der Sonne. Mit demselben Objektiv wurden 7 Vergleichsaufnahmen derselben Himmelsgegend aufgenommen und eine achte Aufnahme durch die Glasplatte der photographischen Platte hindurch hergestellt, die sich infolgedessen wie ein Spiegelbild zu den andern Aufnahmen verhält, so daß man sie mit den andern Platten Schicht auf Schicht zur Deckung bringen konnte. Sie sollte als „Bezugsplatte" dienen, und es mußte festgestellt werden, wie weit sie sich mit den 7 Finsternisplatten und den 7 Vergleichsplatten zur Deckung bringen ließ. Wenn das von den 7 Sternen definierte Vieleck auf allen Platten völlig kongruent war, so mußten sich die Aufnahmen vollkommen zur Deckung bringen lassen, soweit dies nicht praktisch dadurch verhindert wird, daß einmal der *Maßstab* (Skalenwert) auf den verschiedenen Platten ein wenig verschieden ist, andererseits es natürlich nie vollkommen gelingen kann, zwei kongruente Bilder zur Deckung zu bringen.

Was den ersten Faktor, den *Skalenwert*, anbetrifft, so hat es damit folgende Bewandtnis. Das Objektiv bildet ein Stück der Himmelssphäre auf die ebene Platte ab. Zwei in diesem Teil der Sphäre liegende Sterne, die auf dem größten Kreise gemessen z. B. α Bogensekunden voneinander abstehen, werden auf der Schicht einen gewissen Abstand in Millimetern haben. Mit dem Skalenwert der Platte bezeichnet man nun den Winkelwert eines Millimeters der Platte als Abbild eines Kreisbogens an der Sphäre. Er betrug für jedes der Astrographenobjektive rund $1' = 1$ Millimeter. Dieser Skalenwert ist nun nicht über die ganze Platte hin konstant und ist im allgemeinen für jede Platte von anderem Betrage. Abweichungen im Skalenwert zwischen zwei Platten mußten mit wachsendem Abstande vom Plattenmittelpunkte um so stärkere Relativverschiebungen entsprechender Sternbilder geben. Machte sich übrigens der von der Relativitätstheorie geforderte Einfluß einer Lichtablenkung bemerkbar, so mußte er so zutage treten, daß der Skalenwert auf den Finsternisplatten als eine Funktion des Abstandes vom Sonnenmittelpunkt erschien.

Wird also die Bezugsplatte mit einer Finsternis- oder Vergleichsplatte so gut als möglich zur Deckung gebracht und werden die relativen Abstände der sich nicht vollkommen bedeckenden Sternscheibchen auf beiden Platten vermessen, so erhält man für jeden der 7 Sterne für jede Platte ein System von Werten Δx und Δy, gemessen in den rechtwinkligen Koordinaten x, y, eines Sternes relativ zum Plattenmittelpunkt. Ein solches Δx rührt von folgenden Faktoren her:

1. Zufällige kleine Verlagerung der Bezugsplatte relativ zur Finsternis- resp. Vergleichsplatte; sie mußte für alle Sterne derselben Platte dieselbe sein.

2. Einfluß einer Verdrehung beider Platten gegeneinander. Dieser Einfluß wirkt auf die x-Koordinate eines Sternes proportional seiner y-Koordinate und umgekehrt.

3. Wirkung eines verschiedenen Skalenwertes für beide Platten, a) bedingt z. B. durch eine andere Brennweite des Objektivs während beider Aufnahmen; dieser Einfluß wirkt proportional dem Abstand des Sternbildes vom Mittelpunkt der Platte, b) bedingt durch einen z. B. auf der

Finsternisplatte sich offenbarenden Einfluß einer Lichtablenkung.

Demgemäß hatte man für jeden Stern Gleichungen folgender Art anzusetzen:

$$\Delta x = a \cdot x + b \cdot y + c + \alpha \cdot E_x$$
$$\Delta y = d \cdot x + e \cdot y + f + \alpha \cdot E_y.$$

In ihnen sind Δx und Δy die gemessenen Abstände in x, y, der zwei auf den zur Deckung gebrachten Platten sich nicht vollkommen bedeckenden Sternscheibchen; c und f sind die Folgen einer kleinen Verlagerung; die Glieder $a \cdot x$ und $e \cdot y$ tragen der Verschiedenheit des Skalenwertes Rechnung; $b \cdot y$ und $d \cdot x$ einer Drehung der Platte gegeneinander; $E_x \cdot \alpha$ bzw. $E_y \cdot \alpha$ bestimmen den Einfluß der Lichtablenkung. Bekannt sind die Koordinaten x, y für jeden Stern und E_x, E_y die Koeffizienten der Lichtablenkung aus der Einsteinschen Theorie; gesucht sind die Größen a, b, c, d, e, f. Jede Platte liefert 2×7 Gleichungen mit je 4 Unbekannten. Diese Gleichungen wurden nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen und lieferten für die besonders interessierende Größe α folgende Werte für die 7 Platten:

Tabelle 1.

Rektaszension		Deklination	
Finsternis- minus Bezugsplatte	Vergleichs- minus Bezugsplatte	Finsternis- minus Bezugsplatte	Vergleichs- minus Bezugsplatte
$+0^r,098$	$+0^r,042$	$+0^r,126$	$+0^r,044$
126	24	139	07
107	− 15	114	21
148	+ 18	111	10
140	20	137	40
073	05	139	60
145	08	136	36
$+0^r,120$	$+0^r,015$	$+0^r,129$	$+0^r,031$

Wie man aus der Tabelle ersieht, kommt das α aus dem Vergleich der Bezugsplatte mit den Vergleichsplatten nicht zu Null heraus, es ergeben sich vielmehr in Rektaszension und Deklination im Mittel die kleinen Werte $+0^r,015$ und $+0^r,031$. Es wurde also, obwohl bei den Vergleichsplatten kein meßbarer Einfluß der Lichtablenkung zu erwarten war, doch die Reduktion ganz analog zu derjenigen der Finsternisplatten durchgeführt, und der sich rechnerisch ergebende kleine Wert für α in beiden Koordinaten, hervorgerufen durch Fehler der einzelnen Sternbilder der Bezugsplatte, wurde von dem aus den Finsternisplatten gewonnenen Werte $+0^r,120$ bzw. $+0^r,129$ abgezogen. Auf diese Weise wurde die Bezugsplatte, die ja nur als Meßhilfsmittel diente, völlig elimiert. Es resultiert im Mittel:

$$\alpha = 0^r,100 = 0'',625.$$

Dies ist der Betrag der Lichtablenkung für die benutzte Einheitsentfernung von 50′ vom Sonnenzentrum. Rechnet man hieraus den Betrag der Lichtablenkung am Sonnenrande, so erhält man den Wert $1'',98 \pm 0,12$ gegen $1'',75$, wie ihn die Relativitätstheorie voraussagt. Der wahrscheinliche Fehler der Bestimmung ergab sich zu 6 %. Diese Platten lieferten also mit ziemlicher Sicherheit die vermutete Lichtablenkung ungefähr in der von der Theorie geforderten Größe.

Nach dieser Bestimmung von α folgt eine eingehende Diskussion der sog. Plattenkonstanten, also der Größen a, e, b, d, um etwa vorhandene systematische Fehler in der Bestimmung von α aufzudecken. Es offenbart sich keine das Resultat verfälschende Fehlerquelle. Die Verfasser nehmen daher für diese Plattenkonstanten die wahrscheinlichsten Werte an und rechnen mit diesen Werten die Verschiebungen der einzelnen Sternscheiben auf den Platten aus und vergleichen die so gewonnenen Werte mit den von der Theorie geforderten. Man gelangt dann zu den in der Tabelle 2 niedergelegten Zahlen:

Tabelle 2.

Stern Nr.	Verschiebung in Rektaszension		Verschiebung in Deklination	
	beob.	berechn.	beob.	berechn.
11	$-0'',19$	$-0'',32$	$+0'',16$	$+0'',02$
5	$-0'',29$	$-0'',31$	$-0'',46$	$-0'',43$
4	$-0'',11$	$-0'',10$	$+0'',83$	$+0'',74$
3	$-0'',20$	$-0'',12$	$+1'',00$	$+0'',87$
6	$+0'',10$	$+0'',04$	$+0'',57$	$+0'',40$
10	$-0'',08$	$+0'',09$	$+0'',35$	$+0'',32$
2	$+0'',95$	$+0'',85$	$-0'',27$	$-0'',09$

Wie man sieht, ist die Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung durchaus befriedigend. Ausschlaggebend sind natürlich nur die Werte für Stern 2 in Rektaszension und 4, 3, 6 in Deklination, die größer sind als der mittlere Fehler der Messungen.

Ich will nicht mit der gleichen Ausführlichkeit die Reduktion des weiteren Finsternismaterials an dieser Stelle fortsetzen. Es lag mir nur daran, einem weiteren Kreise darzulegen, auf welche Weise im einzelnen ein solches wichtiges Resultat, wie der Nachweis der Lichtablenkung in der Nähe der Sonne, tatsächlich gewonnen werden kann. Übrigens ist die soeben diskutierte Beobachtungsreihe, die mit dem 4zölligen Objektiv von 6 Meter Brennweite erhalten war, die beste und bildet die wesentlichste Stütze für das Endergebnis.

Die Aufnahmen mit dem 8zölligen astrographischen Objektiv, die ebenfalls in Brasilien gewonnen wurden, liefern zwar auch einen Hinweis für die vermutete Lichtablenkung, aber die Sternbilder auf den Platten sind nach den Angaben der englischen Beobachter so unscharf und diffus, daß die aus ihnen abgeleiteten Resultate nur ein geringes Gewicht haben. Anscheinend hatte sich der Coelostatenspiegel infolge der Sonnenstrahlen stark verworfen und die Abbildungen

verdorben. Es ergibt sich für den Wert von α am Sonnenrand der Wert 0″,93. Nimmt man aber an, daß der Skalenwert auf den Finsternisplatten in Wahrheit nicht weiter verändert war, als er es nach dem Einfluß der Refraktion und Aberration sein mußte — eine sehr wahrscheinlich richtige Annahme, denn die Unschärfe der Bilder rührte wohl kaum von einer reellen Änderung der Fokusierung des Objektivs her —, so resultiert für α der Wert 1″,52 am Sonnenrand.

2. Die Expedition nach Principe.

Die zweite, von *Eddington* geleitete, Expedition nach Principe war vom Wetter nicht begünstigt, so daß die Aufnahmen während der Finsternis durch Wolken hindurch gemacht werden mußten. Ihr Material ist darum nicht so gut, wie das mit dem 4zölligen Objektiv in Brasilien gewonnene. Die Platten zeigen nur wenige Sterne. Die Reduktion wurde im wesentlichen so durchgeführt, wie bei der andern Expedition. Ein besonderer Vorteil entsprang aber aus dem Umstande, daß noch außer den erforderlichen Vergleichsplatten derselben Himmelsgegend, an der die Sonne während der Finsternis stand, noch weitere Vergleichsplatten einer anderen Himmelsgegend in der Umgebung des Arktur gemacht wurden, die sowohl in Principe als auch in Oxford unter gleichen Umständen nachts aufgenommen werden konnten. Diese Aufnahmen sollten direkt die Änderung des Skalenwertes zwischen Oxford und Principe liefern. Auf diese Weise gelang es, die Plattenkonstanten a, e für den Skalenwert unabhängig abzuleiten und die Ausgleichung der Beobachtung wurde nicht noch mit diesen Unbekannten belastet. Aus den zwei besten Finsternisplatten folgt für die Größe α am Sonnenrande im Mittel 1″,61 ± 0″,30; die Einzelwerte, aus denen dieses Mittel gewonnen wurde, sind:

$$\begin{array}{r} \alpha = +1{,}94 \\ 1{,}44 \\ 1{,}55 \\ 1{,}67 \\ \hline \text{Mittel } 1{,}65 \end{array}$$

An diesem Mittel mußte eine kleine Korrektion im Betrage von — 0″,04 angebracht werden, so daß man den oben angegebenen Wert 1″,61 ± 0″,30 erhält. Also auch hier ein dem von der Theorie geforderten Wert von 1″,75 sehr naheliegender Betrag für α.

Man erhält also aus den Beobachtungen in Brasilien für α: + 1″,98 ± 0″,12 und außerdem den sehr unsicheren Wert + 0,93, aus den Beobachtungen in Principe dagegen: $\alpha = 1''{,}61 \pm 0''{,}30$. Der zuverlässigste Wert ist der erste. Trägt man die für die einzelnen Sterne aus dieser ersten Beobachtungsreihe gewonnenen Verschiebungen in Richtung des durch den Stern gehenden Sonnenradius in ein rechtwinkliges Koordinatensystem auf, mit den Abständen von der Sonne als Abszissen und den Ablenkungen als Ordinaten, so müßten diese 7, den sieben Sternen entsprechende, Punkte auf der stark ausgezogenen Linie liegen. (Fig. 2.) In Wahrheit bestimmen die Punkte aber eine noch etwas stärker geneigte Linie, doch ist diese kleine Abweichung zwischen Beobachtung und Theorie wohl nur die Folge noch vorhandenem Beobachtungsfehler[1]).

Zusammenfassend kann man sagen:

Die Sonnenfinsternisplatten in Sobral wie in Principe offenbaren unzweideutig eine systematische Verlagerung der Sternbilder, wie sie zutage treten müßte, wenn das Licht im Gravitationsfelde der Sonne abgelenkt würde. Diese Ablenkung verläuft dem Betrage nach durchaus so, wie sie von der Relativitätstheorie vorausgesagt worden war.

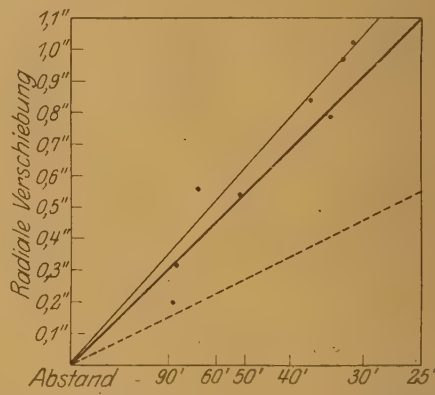


Fig. 2. Die Ordinaten der Punkte . bedeuten die beobachteten Versehiebungen. Die Einsteinsche Theorie fordert alle Punkte auf der stark ausgezogenen Graden, das Newtonsche Gesetz auf der punktierten, die tatsächliche Beobachtung zeigt sie im Mittel auf der schwach ausgezogenen.

Natürlich ist durch diese *eine* Untersuchung die Aufgabe noch keineswegs endgültig erledigt, und es wird Aufgabe der kommenden Sonnenfinsternisexpeditionen sein, nicht allein die Resultate der vorjährigen englischen Expeditionen zu bestätigen, sondern auch die Methode so auszubauen, daß über das Wesen des beobachteten Effekts kein Zweifel mehr bestehen kann. Denn es wird natürlich immer wieder versucht werden, eine solche Lichtablenkung auch anders zu erklären. Welche Möglichkeiten in dieser Hinsicht bestehen, werde ich im folgenden noch kurz darlegen. Zuvor möchte ich jedoch noch darauf hinweisen, in welcher Weise zuverlässigere Resultate künftig zu erzielen sein werden.

Hinweis für kommende Untersuchungen.

Die Güte der englischen Beobachtungen wurde besonders durch die Verwendung von Coelostaten beeinträchtigt. Durch Verwerfen des Spiegels ist die eine Messungsreihe in Sobral vollkommen verdorben worden. Für die Beobachtungen *Eddingtons* in Principe war es geradezu ein Glück im

[1]) Die in dem Diagramm eingezeichnete punktierte Linie gibt den Verlauf der Ablenkung an, den ein mit Lichtgeschwindigkeit an der Sonne vorbeifliegender Massenpunkt nach der Newtonschen Mechanik zeigen müßte.

Unglück, daß infolge der ungünstigen Beobachtungsverhältnisse — die Sonne war dauernd in Wolken — die Spiegel keiner so starken Strahlung ausgesetzt waren, daß sich die Abbildung wesentlich verschlechtert hätte. Dafür zeigten sich natürlich auf den Platten nur wenige Sterne. Man wird daher *unbedingt die Verwendung von Coelostaten vermeiden* müssen und *mit einem parallaktisch montierten Fernrohr arbeiten.* Dies ermöglicht es auch dem Beobachter, während der Exposition die Platten zu „führen", d. h. den Gang des Uhrwerks, welches das Fernrohr der täglichen Bewegung der Gestirne nachführt, zu regulieren, so daß die Sternbilder scharf und rund werden.

Als der Verfasser im Jahre 1914 gemeinsam mit Dr. *Zurhellen* zu dem gleichen Zwecke eine Sonnenfinsternisexpedition nach Südrußland unternahm, nahm er eine vollständige parallaktische Montierung mit, die zwei Fernrohre trug; das eine auf der Seite, wo sonst ein Gegengewicht das Fernrohr ausbalanciert. Jedes Fernrohr trug 2 photographische Objektive und ein visuelles Objektiv, das dem Beobachter zum Pointieren dienen sollte. Da beide Rohre miteinander fest versteift waren, so waren die Kassetten so angebracht, daß sie nach zwei zueinander senkrechten Richtungen mit Mikrometerschrauben hin- und herbewegt werden konnten. So konnten beide Beobachter unabhängig voneinander nachführen. Da es sehr wesentlich darauf ankommt, den Verlauf des gesuchten Effekts bis zum Plattenrande hin zu verfolgen, die gewöhnlich benutzten astrographischen Objektive aber über den Bereich einer Platte von 24×24 cm keine überall gleichwertige Abbildung der Sterne liefern, erschien es uns sehr wesentlich, mit solchen Objektiven zu arbeiten, die über den ganzen Bereich der Platten vollkommen runde und scharfe Sternbilder liefern. Die Firma Zeiß in Jena, der wir das Zustandekommen der damaligen Expedition in erster Linie zu verdanken hatten, hat uns damals Triplets von 11 cm Öffnung und 3,45 Meter Brennweite mit ebenem Gesichtsfelde berechnet und geschliffen. Diese dreifachen Systeme gaben auf 30×30-cm-Platten bis zum Rande Sternbilder ohne Koma. Diese Objektive hätten eine gleichmäßig genaue Vermessung über den ganzen Plattenbereich ohne die Gefahr systematischer Fehler gewährleistet. Die Erfahrungen der englischen Expeditionen lehren allerdings, daß der Einsteinsche Effekt groß genug ist, um sich auch ohne diese Vorsichtsmaßregel mit einer gewissen Sicherheit bestimmen zu lassen, aber die Genauigkeit reicht doch nicht aus, um den Abfall der Ablenkung des Lichtes bis zum Rande einer 30×30-cm-Platte mit aller Sicherheit verfolgen zu können. Darum wird es immer zu empfehlen sein, *mit besonders korrigierten Objekten zu arbeiten.* Sodann wird es auch gut sein, auf die Platten vor der Aufnahme, wie wir es damals getan hatten, *ein feines Gitter (Koordinatennetz) aufzukopieren,* um Schichtverzerrungen auf den Platten unter der Kontrolle zu halten.

Am wesentlichsten scheint mir aber folgendes zu sein: Der Einsteinsche Effekt offenbart sich auf einer Finsternisplatte in der Weise, daß sich der Skalenwert auf einer solchen Platte systematisch mit wachsendem Ab*von großer Wichtigkeit, den regulären Skalenwert,* d. h. den von dem Objektiv und der Länbrennweite des Objektivs, und da immer zu fürchten ist, daß bei den besonderen Bedingungen einer Sonnenfinsternis die Brennweite sich, z. B. infolge der Sonnenbestrahlung, ändert, so ist es von großer Wichtigkeit, den regulären Skalenwert, d. h. den von dem Objektiv und der Längenausdehnung des Rohres herrührenden unabhängig zu bestimmen und sein Verhalten *während der Finsternis zu verfolgen.* Bei den Aufnahmen in Brasilien mußte man ja in die Ausgleichung der Platten Glieder der Gestalt $a.x$ bzw. $e.y$ aufnehmen, um den Skalenwert der Platten zu berechnen. Von diesem normalen Skalenwert wurde der vermutete, durch die Lichtablenkung bedingte, anomale Skalenwert durch die Glieder $\alpha . E_x$ und $\alpha . E_y$ abgetrennt. Diese Trennung ist nur möglich, weil man aus der Einsteinschen Theorie die Koeffizienten E_x und E_y für jeden Stern berechnen kann. Die Bestimmung von α hat jedoch ein viel höheres Gewicht, wenn man die Gleichung ansetzen kann, ohne den normalen Skalenwert — bzw. die Differenz des Skalenwertes zwischen Finsternis- und Vergleichsplatte — als Unbekannte einführen zu müssen. *Eddington* hat darum die besonderen Aufnahmen einer Himmelsgegend gemacht, die sowohl in Principe am Datum der Finsternis als auch vorher oder nachher in Oxford nachts unter normalen Bedingungen aufgenommen werden konnten. Der Vergleich beider Aufnahmen lieferte unabhängig von den Finsternisplatten den Skalenwertunterschied zwischen Oxford und Principe und damit auch zwischen Vergleichsaufnahmen und Sonnenfinsternisaufnahmen für die Gegend, in der die Sonne während der Finsternis stand.

Auch wir hatten damals eine wohl bekannte und genau vermessene Gegend am Himmel für solche Kontrollaufnahmen ausgesucht. Es muß jedoch dabei immer die Voraussetzung gemacht werden, daß zwischen der Finsterniszeit und der nächst möglichen Nachtaufnahme am Finsternisort an dem Fernrohr, wenigstens was den Skalenwert angeht, keine Änderung vor sich geht. Aber gerade das läßt sich, wie die Beobachtungen mit dem Astrographenobjektiv in Brasilien beweisen, nicht verbürgen. Darum hatten wir an unserm Expeditionsfernrohr eine Vorrichtung getroffen, die bisher nie verwandt worden ist, aber in künftigen Fällen vielleicht gute Dienste leisten wird: An dem 3,5 Meter langen Fernrohr war ein Quarzstab von über 3 Meter Länge angebracht. Dieser Quarzstab lief an

einem Ende in eine Kugel aus, die von der Fassung des photographischen Objektivs fest umfaßt wurde. An dem andern Ende war der Stab plan geschliffen und ragte neben den Kassetten hervor. Die Rückwände der Kassetten trugen kleine plangeschliffene Flächen, und ein Hebel mit Mikrometerschraube erlaubte den Abstand der Kassettenrückwand von dem Ende der Quarzstange in Richtung der Achse des Fernrohrs mit einer Genauigkeit von 0,01 mm zu vermessen. Da der thermische Ausdehnungskoeffizient des Quarzes außerordentlich klein ist, so konnte man alle Ausdehnungen des Fernrohres, z. B. die infolge der Sonnenbestrahlung, dauernd verfolgen. In der Tat arbeitete die Vorrichtung wie ein großes Thermometer. Sie hätte es uns ermöglicht, jede *Änderung des Skalenwertes* während der Finsternis, *soweit sie auf Veränderung in der Apparatur beruhte, festzustellen und rechnerisch zu berücksichtigen.*

Will man darum bei künftigen Finsternissen das Wesen dieser Lichtablenkung genauer studieren, insbesondere den Abfall bis zum Rande der Platte mit größter Genauigkeit verfolgen, so dürfte die oben beschriebene Vorrichtung nicht zwecklos sein. Warum es gerade von Wichtigkeit sein wird, den Abfall dieser Ablenkung bis zum Plattenrande zu verfolgen, wird erhellen, wenn wir jetzt auf die Faktoren eingehen, die eventuell eine solche Lichtablenkung vortäuschen könnten.

Die Lichtablenkung möglicherweise verfälschende Faktoren.

Es ist natürlich der Versuch gemacht worden, das Beobachtungsergebnis der englischen Expeditionen noch auf eine andere Weise zu deuten als durch den Einfluß des Gravitationsfeldes der Sonne. Es steht mit solchen Möglichkeiten zurzeit folgendermaßen: Man hat drei Faktoren herangezogen, die prinzipiell imstande wären, einen Effekt nach Art der Lichtablenkung hervorzurufen:

1. Eine anomale Refraktion in der Erdatmosphäre, erzeugt durch eine laterale Brechung des Lichtes beim Durchsetzen des Schattenkegels während der Finsternis.
2. Eine Lichtbrechung in einer die Sonne in weitem Umfange umgebenden Atmosphäre.
3. Eine Erscheinung nach Art der von *L. Courvoisier* vermuteten „jährlichen Refraktion" der Sterne.

1.

Was den ersten Faktor anbetrifft, so ist das Temperaturgefälle während der Finsternis für beide Expeditionen sehr klein gewesen, da infolge von Wolkenbildungen die Sonnenstrahlung vor der Totalität sehr gering war. Wollte man jedoch die beobachtete Lichtablenkung mit dieser Hilfshypothese erklären, so müßte man für einen ruhenden Beobachter — der Schattenkegel der Sonne bewegt sich über die Erde mit etwa 50 km Geschwindigkeit pro Minute — einen Temperaturfall von 20 Grad pro Minute annehmen (siehe *Eddington*, Nature Vol. 104, Nr. 2615, S. 372), was natürlich unmöglich ist. Eine solche laterale Refraktion in der Erdatmosphäre könnte vielleicht einen Effekt von 0″,1 erzeugen, also etwa 5 % des beobachteten Wertes.

2.

Die zweite Möglichkeit ist besonders eifrig diskutiert worden. Mit ihr steht es in Wahrheit nicht anders als mit der ersten. Allerdings umgibt die Sonne in ziemlich weitem Umkreise fein verteilte Materie, die wir in der Korona sehen. Aber das Licht dieser Korona zeigt keine Spur von Gaslinien, obwohl die Temperatur so hoch ist, daß die Teilchen der Korona hell leuchten (siehe den Bericht über die Sonnenfinsternis vom Jahre 1905 von *K. Schwarzschild*, Mittlg. d. Kgl. Sternwarte Göttingen 1906). Wenn nun auch für einen Stern eine Lichtablenkung durch Brechung in der Sonnenatmosphäre von dem gewünschten Betrage zustande käme, so wäre es doch nicht denkbar, daß bei einer nach den bekannten Gesetzen sich aufbauenden Atmosphäre diese Brechung linear mit dem Sonnenabstande abfallen sollte. — Aber diese zweite Annahme erweist sich noch von einem andern Gesichtspunkte aus betrachtet als völlig unhaltbar. Um in der Entfernung von 30′ vom Sonnenmittelpunkt die gewünschte Ablenkung des Lichtes zu erhalten, müßte die Dichte des Gases dort etwa $^1/_{100}$ Erdatmosphärendichte sein (siehe die ausführliche Publikation der englischen Ergebnisse S. 293). Wie ich im Anhang der Beob. Ergebnisse der Sternwarte Berlin Nr. 15, 1915, S. 78 im Zusammenhang mit dieser Frage ausführlich gezeigt habe, würde ein Gas von $^1/_{10\,000}$ Erdatmosphärendichte auf einem Lichtweg von $8 \cdot 10^4$ km das Licht um 0,2 Größenklassen schwächen; bei einer Dichte von $^1/_{100}$ Erdatmosphärendichte also schon auf ungefähr $8 \cdot 10^2$ km. Würde also der Strahl nur etwa einen Weg von einem Sonnenradius Länge in einem solchen Gase zu durchlaufen haben, so würde er rund um 200 Größenklassen geschwächt werden. Dies zeigt, daß absorbierende Massen von auch nur annähernd dieser Dichte in der Nähe der Sonne überhaupt kein Sternlicht mehr durchlassen würden. Rechnet man genau nach der Bouguerschen Formel (siehe a. a. O. S. 77), so erhält man dasselbe Resultat. Es erscheint also zurzeit ganz ausgeschlossen, durch eine Brechung in einer hypothetischen Sonnenatmosphäre, die sich ja auch niemals sonstwie gezeigt hat, die Lichtablenkung zu erklären.

3.

Es bleibt also vorerst nur die dritte Möglichkeit, der Einfluß der sog. „jährlichen Refraktion", auf den auch schon verschiedentlich von Astronomen hingewiesen worden ist. Mit dieser sog. „jährlichen Refraktion" bezeichnet man

einen systematischen Fehler in den Sternbeobachtungen, der anscheinend mit Annäherung an die Sonne zunimmt. Über das Wesen dieses systematischen Fehlers besteht noch völlige Unklarheit, vermutlich ist er physiologischer oder instrumentaler Natur. Daß es keine Refraktion sein kann, haben die unter (2) zitierten Rechnungen erwiesen. Nach den Beobachtungen von *L. Courvoisier* zeigen die Sternorte noch in 90 ° Abstand von der Sonne eine systematische Verrückung von der Sonne im Betrage von etwa 0″,1. Diese Verrückung wächst langsam an und ist in 20 ° Abstand von der Sonne 0″,4, und nach Beobachtungen der Venus in der nächsten Nähe der Sonne etwa 0″,55.

Eine empirisch abgeleitete Formel von *L. Courvoisier* liefert für den Sonnenrand eine Ablenkung von etwa 0″,6. Nach den bisherigen Beobachtungen scheint also dieser Effekt viel kleiner dem Betrage nach zu sein als die Einsteinsche Lichtablenkung und nach einer ganz anderen Gesetzmäßigkeit abzufallen. Ob es sich überhaupt um eine physikalische Erscheinung handelt, ist noch ungewiß. Doch wäre es prinzipiell denkbar, daß die empirisch abgeleitete Formel von *Courvoisier* in der nächsten Nähe der Sonne versagt und daß — immer vorausgesetzt, daß dieser Effekt wirklich kosmischen Ursprungs ist — dieser Einfluß in der Nähe der Sonne zufällig genau so wirkt wie die Einsteinsche Lichtablenkung. Um festzustellen, ob die Messungen der englischen Expeditionen durch einen Effekt nach Art einer „jährlichen Refraktion“ verfälscht seien, hat *Courvoisier* die englischen Beobachtungen erneut reduziert, indem er neben die Einsteinsche Lichtablenkung α noch einen systematischen Fehler ϱ von der Art seiner „jährlichen Refraktion“ in die Gleichung einführte und ausglich. Das Ergebnis[1]) ist: die Ablenkung α kommt im wesentlichen unverändert heraus und ϱ wird gleich Null; d. h. die Beobachtungen weisen darauf hin, daß sich nicht 2 Effekte überdecken, sondern daß sich *ausschließlich* eine Lichtablenkung von der Größe und dem Abfall der von der Relativitätstheorie geforderten Art bemerkbar macht. Sollte die „jährliche Refraktion“ zufällig in der nächsten Sonnennähe genau so verlaufen wie die Ablenkung nach der Einsteinschen Theorie und diese uns vortäuschen, so müßte man annehmen, daß die Messungen für die äußersten Sterne durch einen weiteren unbekannten Faktor, der nur am Rande der Platte wirkt, verfälscht sind. Denn für die Sterne Nr. 10 und 11 in etwa 1½ ° Abstand vom Sonnenmittelpunkte resultiert aus den englischen Beobachtungen eine Ablenkung von der Größenordnung von nur 0″,2, wie es nach der Einsteinschen Theorie sein müßte. Aus den Beobachtungen *Courvoisiers* geht jedoch hervor, daß sein Effekt in 10—20 ° Abstand von der Sonne noch doppelt so groß ist, und man müßte annehmen, daß die Messungen der äußeren Sterne zufällig so verfälscht sind, daß bei ihnen die Ablenkung nur halb so groß herauskommt als sie tatsächlich sind. Das erscheint außerordentlich unwahrscheinlich und künstlich. Immerhin wird es eine wichtige Aufgabe kommender Expeditionen sein, nachzuweisen, ob sonnenfernere Sterne in der Tat nur so wenig abgelenkt erscheinen, wie es die Relativitätstheorie fordert, oder aber mindestens noch um 0″,4, wie die „jährliche Refraktion“ es fordert. Vorerst ist das ganze Material, das sich auf 7 Sterne stützt, nicht ausreichend, um eine endgültige Stellungnahme zu ermöglichen. Man muß aber immerhin bedenken, daß die Beobachtungen nur eine Lichtablenkung ergeben, die durchaus so verläuft, wie die auf sicheren Ansätzen sich aufbauende Relativitätstheorie es fordert, während *alle sonstigen zur Erklärung der Beobachtung herangezogenen Hypothesen ad hoc gemachte Annahmen enthalten,* die „jährliche Refraktion“ ihrem Wesen nach noch ganz unbekannt ist und nach unserer bisherigen Kenntnis ganz anders verlaufen würde, wenn sie wirklich kosmischen Ursprungs wäre.

Man hat darum bisher alles Recht, das Ergebnis der englischen Sonnenfinsternisbeobachtungen als eine Bestätigung der allgemeinen Relativitätstheorie zu verstehen. Das schließt natürlich keineswegs aus, daß man bei den nächsten Sonnenfinsternissen durch noch bessere Aufnahmen dieses Resultat von neuem bestätigen und noch sicherer fundieren muß.

[1]) Ich verdanke Herrn *Courvoisier* die Mitteilung des Ergebnisses dieser seiner Rechnungen noch vor ihrer Veröffentlichung.

Über einige Fragen der Faserstoffchemie[1]).

Von R. O. Herzog.

Im Gegensatz zur sonstigen verschwenderischen Mannigfaltigkeit in der Natur werden die Faserstoffe von einer nur ganz geringen Anzahl chemischer Verbindungen aufgebaut. Die vegetabilischen Fasern bestehen ausschließlich aus Zellulose, der allerdings häufig gewisse Begleitstoffe beigemengt sind, die tierischen Haare und Seiden — aus mehreren eiweißartigen Stoffen, die zur Gruppe der Skleroproteine gezählt werden. Offenbar sind also nur ganz selten in den chemischen Verbindungen die Eigenschaften vereinigt, die die Faserstoffe besitzen müssen; es sind dies nach der chemischen Seite weitgehende *Reaktionsträgheit,* nach physikalischer *Festigkeit* und *Dehnbarkeit.*

Über die Ursachen dieser Eigenschaften findet man in der Literatur wenig, begreiflicherweise, denn das Studium solch hochmolekularer Bausteine der organischen Naturstoffe zeigt dem Chemiker immer wieder, daß nur ein Teil der Eigenschaften auf die Atomverkettung im Mole-

[1]) Nach einem Vortrage, gehalten am 2. Juli in der Chem. Ges. zu Breslau.

kül, auf Hauptvalenzen zurückzuführen ist; ein anderer, oft der charakteristische Anteil erklärt sich durch die der Untersuchung schwer zugängliche Wirkung der Nebenvalenzen, durch die Fähigkeit, Komplexe zu bilden. Es ist nur eine andere Betrachtungsform, wenn wir sagen, es handle sich um die kolloidchemischen Eigenschaften. Denn die vom Physiker beschriebenen Vorgänge der Adsorption, der Quellung, des Alterns, der Veränderung der Teilchengröße sind auf dieselben Kräfte zurückzuführen, welche die chemischen Eigenschaften bedingen. Es hängt von der Methodik der Forschung und vom Verständnis der Zusammenhänge ab, welcher Weg gewählt wird.

Die *geringe chemische Reaktionsfähigkeit* der Faserstoffe zeigt sich in ihrer Unempfindlichkeit gegenüber Wasser, gegen — wenigstens verdünnte — Säuren und Alkalien, gegen Sauerstoff, besonders auch gegen Fermente. Während z. B. Stärke von der allgemein verbreiteten Diastase spielend angegriffen wird, sind nur wenige und langsam wirkende Fermente bekannt, die Zellulose oder ihre Spaltungsprodukte abbauen. Ganz ebenso sind die Skleroproteine der tierischen Haare und das Fibroin der Seide widerstandsfähig gegen proteolytische Fermente.

Manches haben die chemischen Studien der zwei letzten Jahrzehnte verstehen gelehrt. Die Fortschritte der Eiweißchemie haben das Verhalten des tierischen Haares und der Seide gegenüber Säuren und Alkalien, die Salzbildung infolge des amphoteren Charakters, die hydrolytische Spaltung bei längerer Einwirkung und die Natur der entstehenden Eiweißspaltprodukte, ihre Bausteine wie deren Verknüpfung, die Wirkung der proteolytischen Fermente, die Fähigkeit zur Komplexbildung mit Salzen geklärt. Der Aufbau des großen Proteinmoleküls aus den Peptiden ist freilich noch nicht erfaßt.

Wohl ist die völlige Zertrümmerung des Zellulosemoleküls bis zur Zellobiose und zum Traubenzucker, die Fähigkeit, Ester zu bilden, seit langem geläufig. Aber über die Art der Verknüpfung zwischen den Biosen in den Zellulosedextrinen, zwischen diesen zur Zellulose besitzt man noch keine sicheren Unterlagen.

Man hat sich bisher fast ausschließlich mit der Aufspaltung der Zellulose durch Säure beschäftigt. In Verfolg der Nachprüfung einer Arbeit von *P. v. Weimarn* haben die Herren *Beck* und *Schweiger* in unserem Laboratorium seit längerer Zeit das Verhalten der Zellulose zu konzentrierten Salzlösungen, besonders von Rhodancalcium und Bromcalcium, ferner zu anderen Reagenzien, in denen sie löslich ist, wie dem Schweizerschen Reagenz, untersucht. Ohne hier näher auf die Versuche einzugehen, kann man doch sagen, daß sie recht wahrscheinlich machen, daß zwei Arten von Bindungen in der Zellulose — und vermutlich auch in der Stärke — vorhanden sein dürften, ähnlich, wie man dies aus dem verschiedenartigen Verhalten der Fermente gegenüber Eiweiß von diesem annehmen möchte. Die eine Bindungsart ist die ätherartige Verknüpfung der Zuckerketten; über die Natur der anderen lassen sich genauere Angaben noch nicht machen. Mit den früher genannten Reagenzien und unter Bindung von Wasser entstehen jedenfalls zunächst Komplexe, die weiterhin aufgespalten werden. Während bei der Säurewirkung die Aufspaltung der Ätherbindung und der zweiten Bindungsart nebeneinander herlaufen, wird bei der Spaltung z. B. durch konzentrierte Rhodancalciumlösung jedenfalls die zweite Reaktion stark bevorzugt.

Zuerst hat wohl *Nägeli*[1]) Vorstellungen über den Aufbau hochmolekularer organisierter Naturstoffe, speziell der Stärke und Zellulose, entwickelt, die den Tatsachen weitgehend gerecht werden. Nach seiner Nomenklatur würden die Zellulosedextrine oder Hydrozellulosen „Pleone" sein. Aus den Pleonen wird das „Mizell" aufgebaut, das wir heute als ultramikroskopisches oder kolloides Teilchen bezeichnen würden. Die mikroskopischen, etwa histochemisch sichtbar gemachten Strukturelemente sind „Mizellarverbände". Vom Mizell, das also als Polymerisationsprodukt der Pleone anzusehen ist, sagt *Nägeli*, daß es einen winzigen Kristall darstellt, also, wenn es sich vergrößert oder in Stücke zerschlagen wird, seine innere Beschaffenheit behält, im Gegensatz zum Pleon, das weder wachsen noch geteilt werden kann, ohne seine Natur zu ändern. Diese Anschauung *Nägelis* von der Kristallnatur des Mizells, die sich im wesentlichen auf die optische Anisotropie stützt, hat begreiflichen Widerspruch erweckt, und doch müssen wir annehmen, daß sie einen richtigen Kern enthält. So nimmt auch *Groth*[2]) an, daß die anisotropen Moleküle bei genügender Annäherung richtend aufeinander wirken, also bestimmte Lagen zueinander annehmen. Man muß vermuten, daß dies auch von den Mizellarverbänden gilt. Auf die besonderen Eigenschaften, auf die innere regelmäßige Ordnung dieser Mizellarstruktur müssen die *mechanischen Eigenschaften* der Faserstoffe zurückzuführen sein.

Daß in der Tat in vielen Kolloidteilchen nicht eine ordnungslose Packung der einfachmolekularen Bausteine vorliegt, geht deutlich aus den Arbeiten von *Freundlich* und seinen Mitarbeitern[3]) hervor, die Stäbchenstruktur der Teilchen in verschiedenen kolloiden Lösungen nachgewiesen und sie auf die Molekulargestalt zurückgeführt haben, ähnlich wie nach *Vorländer* die Moleküle der flüssigen Kristalle sich gleichrichten.

---

[1]) Theorie der Gärung 1879, Seite 121.

[2]) Zeitschrift für Kristallographie Bd. *54*, S. 498, 1915.

[3]) *H. Diesselhorst* und *H. Freundlich*, Phys. Zeitschrift, Bd. *16*, S. 419 (1915).

Haben *Nägeli* und *Schwendener*[1]) schon lange auf die Fadenstruktur der Bastfasern, *von Ebner*[2]) auf die der tierischen Haare hingewiesen, so ist sie weiterhin durch die mikroskopische Untersuchung der allermeisten Fasern allmählich aufgefunden worden. Das Verhalten der Fasern bei der Quellung — Zunahme der Dicke bei Tierfasern von 10 bis 14 %, Pflanzenfasern 20 bis 30 %, dagegen Längenausdehnung bei Tierfasern 0,5 bis 1 %, bei Pflanzenfasern 0,05 bis 0,1 % —, im polarisierten Lichte, im magnetischen Feld läßt sich nur so deuten, daß sie aus geordneten stäbchenförmigen Strukturelementen bestehen[3]). Besondere Versuche liegen über Zellulose und Nitrozellulose von *Ambronn*[4]) vor, der ihr Verhalten im polarisierten Lichte auf Grund der *Wiener*schen Theorie über die Stäbchendoppelbrechung untersucht hat. Auch das Verhalten doppelbrechender Gelatineplatten im magnetischen und elektrischen Feld entspricht einer molekularen Anisotropie[5]).

In unserem Institut konnte Frau Dr. *Thea Knipping-Krüger* zeigen, daß im Gegensatz zu allen anderen organischen Verbindungen, die nach *Pascal*, in flüssigem oder amorphem Zustande, diamagnetisch sein müssen, sämtliche Faserstoffe paramagnetisch sind, wie dies auch nach dem Verhalten im polarisierten Lichte zu erwarten war.

Man muß annehmen, daß die stäbchenförmigen Strukturelemente, wohl miteinander verkittet, entweder parallel zur Hauptachse oder auch, gleichsam wie die Textilfaser im Garn, spiralig um die Längsachse gedreht liegen[6]). Wenn auch diese Verhältnisse bisher eingehender nur an den Bastfasern festgestellt sind, dürfen sie doch mit großer Wahrscheinlichkeit auf alle Naturfasern, selbst auf die Kunstfasern übertragen werden. In der Spinnlösung der Kunstfasern bestehen die stäbchenförmigen Formelemente schon vorgebildet[7]); infolge der Ausströmung und Streckung im Faden nehmen sie voraussichtlich eine axiale Anordnung an, wie bei den natürlichen Fasern[8]).

Aus solchem besonderen Aufbau heraus, den wir bei allen Fasern annehmen, lassen sich auch die besonderen mechanischen Eigenschaften der Fasern verstehen und wir begreifen jetzt leichter, daß wohl nicht allzuviele Stoffe mit solch innerer Anordnung der Natur zur Verfügung stehen.

Die folgenden Tabellen[1]) mögen die besonderen mechanischen Eigenschaften der Fasern verdeutlichen:

	Zugfestigkeit in kg/qmm		Reißlängen in km
Stahl	80	Bleidraht	2
Eisen	60	Schmiedeeisen	5,5
Kupfer	40	Gußstahldraht	14
Silber	29	Hanfgarn	30
Blei	2	Flachsgarn	25
Gläser	3—9	Nesselgarn	22
Quarzfaden	820	Amerikanische Baumwolle	20
Lederriemen	3—7	Bestes deutsch. Spinnpapier	13,5
Hölzer parallel zur Achse	7—12	Zellulongarn	8
Rohseide	45	Deutsches Papiergarn	6
Hanf	45	Wolle	8—9
Baumwolle	37	Seide	30—35
Nessel	37	Viskose	13
Flachs	35		
Typha	31		
Jute	29		
Kunstseide (Viskose, Glanzstoff)	14		
Wolle	11		

	Tragmodul kg/qmm² (Elastizitätsgrenze)	Elastizitätsmodul kg/qmm²	Bruchdehnung (Verlängerung auf 1000)
Stahl	42	21 000	3,8
Eisen	32	20 000	3
Kupfer	12	12 000	3,3
Silber	11	7 000	4,1
Blei	0,3	8 000	1,1
Gläser	—	5—8 000	1
Hölzer	—	500—12 000	11
Bastfasern	12—25	1 100—3 500	16
Baumwolle		—	90
Kunstseide		—	160
Wolle		—	400
Seide		—	540

Die vorstehenden Tabellen zeigen, daß die Zugfestigkeit der Fasern der der Metalle gleichkommt, während die Bruchdehnung der Fasern ungleich größer ist. Sie ist am geringsten bei den technischen Bastfasern. Wie *Sonntag*[2]) angibt, zeigen duktile Bastfasern, deren er verschiedene anführt, einen großen Neigungswinkel der Mizellarreihen zur Zellachse. Es fehlt da-

[1]) Das Mikroskop, Leipzig 1877.

[2]) *V. von Ebner*, Untersuch. über die Ursachen der Anisotropie. Leipzig 1882.

[3]) S. auch die ultramikroskopischen Beobachtungen von *Gaidukov*, Z. f. angew. Ch. Bd. *21*, S. 293 (1908).

[4]) Kolloidzeitschr. Bd. *18*, S. 90, 273 (1916), Bd. *20*, S. 173 (1917).

[5]) *H. Ambronn*, Verh. Sächs. Ges. d. Wiss. Bd. *43*, S. 394 (1891).

[6]) Vgl. *Haberlandt*, Physiologische Pflanzenanatomie, 5. Aufl. (1918), S. 154.

[7]) Mit dem „Reifen" der Viskose ist wahrscheinlich die Entstehung von Mizellarverbänden verknüpft.

[8]) Vgl. aber *Gaidukov* l. c.

[1]) Zum Teil entnommen aus *P. Heermann*, Mechanisch- u. physikalischtechnische Textiluntersuchungen, Berlin 1912.

[2]) Flora Bd. *99*, 1909.

gegen die Duktilität, wenn die Mizellarreihen in den Schichten der Zellwand nicht gleichen Verlauf zeigen.

Es läge nahe, etwas eingehender über die inneren Strukturursachen der ganz außerordentlich großen mechanischen Leistungsfähigkeit der Faserstoffe zu sprechen, aber eigene Versuche nach dieser Richtung sind bisher zu wenig weit vorgeschritten, fremde liegen kaum vor. Der naheliegende Vergleich mit Legierungen ist ohne spezielle Einblicke nicht fruchtbar. Es möge nur gestattet sein, von einer Reihe von Versuchen kurz zu berichten, die vor einiger Zeit die Herren Dr. *Medicus* und Dr. *A. Hildesheimer* in unserem Laboratorium mit Nitrozellulose ausgeführt haben. Es wurden Films unter Zusatz von einer größeren Reihe von Stoffen gegossen und nach dem Trocknen auf ihre mechanischen Eigenschaften untersucht. Die Wirkung der Zusatzstoffe, die mit Nitrozellulose einen löslichen Lack und nach Verdunstung des Lösungsmittels eine beständige homogene Masse bilden, äußert sich vornehmlich nach zwei Richtungen. Die Kollodiumwolle gibt mit dem Zusatzstoff entweder einen sehr dehnbaren Film von geringer Festigkeit oder einen Film von geringer Dehnbarkeit, aber hoher Festigkeit. Zusatzstoffe erster Art sind z. B. phtalsaures Methyl, zimmtsaures Amyl und andere mehr, sie werden in der Lackindustrie als geschmeidigmachende Mittel bezeichnet. Stoffe zweiter Art sind aromatische Äther, fettsaures Glycol u. a. Die Dehnbarkeit ist gegenüber der des Grundlackfilms oft nur wenig erhöht, die Festigkeit aber sehr groß (Festigungs- oder Härtungsmittel). Bei den Nitrozelluloselacken lassen sich durch Kombination von Stoffen der beiden Gruppen Films von mittleren Eigenschaften herstellen. Dieses additive Verhalten der Härtungs- und geschmeidigmachenden Mittel gibt also die Möglichkeit, dem Film die gewünschten Eigenschaften der Dehnbarkeit, Zugfestigkeit, Kältebeständigkeit usw. zu erteilen.

Viel schwieriger ist es, geeignete Weichmachungsmittel für Acetylzellulose zu finden, wie Versuche von Herrn Dr. *Friedrich Meyer* gezeigt haben. Es gelingt nicht, wie bei den Nitrozellulosen, Mittel zuzusetzen, die weichmachen, und andere, welche die Festigkeit erhöhen, und durch Mischen beider das gewünschte Ergebnis zu erzielen. Dagegen ist öfter beobachtet worden, daß die Zusätze in Mischungen ihren Einfluß ändern.

Auf die nähere Bedeutung solcher Beobachtungen für die Erkenntnis amorpher Systeme, also auch der Faserstoffe, kann hier nicht eingegangen werden, aber man wird sich daran erinnern, daß das tierische Haar aus einem Gemisch von Skleroproteinen und vielleicht auch anderen Proteinen bestehen dürfte, daß die Bastfaser neben der Zellulose fast stets eine große Anzahl von Begleitstoffen enthält. Das Verhältnis dieser Stoffe zueinander mag ähnlicher Art sein, wie zwischen Nitrozellulose und Härtungs- und geschmeidigmachenden Mitteln.

Über die Begleitstoffe der Zellulose[1]) ist überaus viel gearbeitet worden. Abgesehen von den nicht unmittelbar am Gerüstbau der Pflanzen beteiligten Stoffen, wie Gerbstoffen, Harzen, Pektinen, Proteinen bleiben als Bausteine der Pflanzen drei Komponenten, die Pentosane, Hexosane und Lignine oder — etwas anders zusammengefaßt — die Hemizellulosen, Zellulosen und Lignine. Dabei werden zu den Hemizellulosen sowohl Pentosane als auch Hexosane gerechnet, die sich von der Zellulose dadurch unterscheiden, daß sie durch chemische und fermentative Einflüsse leicht aufspaltbar sind und bei der Hydrolose nicht nur Dextrose, sondern auch Galaktose und Mannose liefern können. Ihr Verhältnis zu den Pektinen ist nicht klar.

Um sich ein Bild über den Aufbau derartiger Gewebe machen zu können, wäre zunächst zu entscheiden, ob die Gewebselemente physikalische Gemische oder chemische Verbindungen darstellen, also Gelgemische oder feste Lösungen bilden oder aber etwa glukosidartig vereinigt sind. Diese Frage wurde in beiden Richtungen zu beantworten versucht, ohne daß bisher ein eindeutiger Beweis für die eine oder andere Anschauung erbracht worden ist. So läßt sich z. B. nicht wegen der Beibehaltung der Struktur nach der Entfernung der einen Komponente die chemische Bindung für undiskutierbar erklären. Es gibt besonders in der anorganischen Chemie Beispiele für derartige Fälle. Ebenso unzulässig ist es aber auch, nur wegen der Reaktionsträgheit der einzelnen Bestandteile der Faser gegen chemische Agenzien eine chemische Bindung anzunehmen. Ähnlich liegen ja auch die Verhältnisse bei den Legierungen. Auch hier steht man oft vor der Frage, ob die Komponenten eine Verbindung oder nur Mischkristalle bilden. Doch besteht der Vorteil, daß Methoden zur Verfügung stehen, welche absolute Werte anzugeben gestatten, während bei dem biologischen Material die analytischen Methoden zwar Vergleichs- aber keine absoluten Zahlen liefern. Die Differenzen, die so auf verschiedenen Wegen erhalten werden können, betragen bis zu 40 %, so daß weitgehendere Schlußfolgerungen aus den Daten unmöglich sind.

Zwei Wege erscheinen uns nach Ausbildung einer entsprechenden Methodik gangbar: erstens das Studium der Fermentwirkungen und zweitens die Verfolgung des Wachstums in bezug auf den Verlauf der Veränderungen der Pflanzenelemente sowie die Beobachtung der Ligninsynthese in der Pflanzenzelle selbst.

In den wenigen Arbeiten, die den Verlauf des *Wachstums* in chemischer Hinsicht verfolgen, wird angenommen, daß der Pentosan- und Ligningehalt zu-, der Zelluloseanteil abnimmt. Aber

[1]) Literatur vergl. *F. König* u. *E. Rump*, Chemie u. Struktur der Pflanzenzellenmembran, Berlin 1914.

dabei bleibt unberücksichtigt, daß erstens die Methoxylierung des Lignins mit dem Altern schon steigt und zweitens der Methoxylgehalt für jedes Pflanzenlignin wahrscheinlich so artspezifisch ist, wie es die Aminosäuren in den Proteinstoffen sind. Weder darf die Ligninmenge als Funktion des Methoxylgehalts angesehen, noch bei der Pentosanbestimmung von der Voraussetzung ausgegangen werden, daß Hexosane kein Furfurol abspalten.

Auf das Studium der *Fermentwirkungen* auf Zellulose und Begleiter weist das Vermögen gewisser Pilze, Bakterien sowie Schimmelpilze, hin, besonders schnell die Hemizellulosen anzugreifen, aus denen die Mittellamelle zwischen Bastfasergruppen und dem umgebenden Rindengewebe besteht. Die Mittellamellen der Bastfasern selbst, die in der Regel schwach verholzt sind, werden dagegen nicht gelöst[1]). Die Hymenozyten, holzzerstörende Pilze, ferner auch manche Schimmelpilze vermögen dagegen die inkrustierenden Stoffe aufzulösen, z. T. ohne die Zellulosegrundsubstanz zu zerstören.

Es ist bekannt, daß die Entholzung der Bastfasern, z. B. des Flachses, am besten mit Hilfe der *Röste*, eben der Wirkung von Mikroorganismen, gelingt. Die Aufschließung erfolgt durch die überaus fein abgestuften Reagenzien der Mikroorganismen glatter und billiger, als es bisher durch die Hilfsmittel des Chemikers geschieht, so primitiv die Röstverfahren auf den ersten Anblick auch aussehen. Dies ist nicht merkwürdig, sind dem Chemiker doch eben die Stoffe noch unbekannt, auf die er einwirken soll. Er verwendet zumeist die primitivsten Reagenzien, die ihm in wässeriger Lösung zur Verfügung stehen, Alkalien und Säuren. Die zahlreichen chemischen Aufschließungsverfahren für verholzte Zellulose, sei es in den Spinnfasern, sei es im Holze, beruhen zum großen Teil darauf, daß die Begleitstoffe der Zellulose insbesondere in alkalischer Lösung schneller in wasserlösliche Verbindungen umgewandelt werden als Zellulose.

Ob und wie eine Pflanze als Faserbildner Verwendung finden kann, hängt außer von der Menge der Bastfasern, die sie enthät, davon ab, inwieweit sie verholzt sind. Die Mengen an brauchbaren Fasern sind von den Varietäten der Pflanzen oft stark abhängig.

Bei der *Cotonisierung* oder *Verbaumwollung* handelt es sich um eine möglichst vollständige Zerlegung in Elementarfasern. Sie kann entweder auf chemischem oder auf mechanischem, am besten wohl auf kombiniertem Wege erfolgen. Beispiele von technisch ausgebildeten Verfahren sind die Herstellung *Linolana* aus Flachsabfall und *Planta* aus Jute. Für das Endprodukt ist einerseits die Länge der Einzelfaser, anderseits die Reinheit der Zellulose in der Faser maßgebend. Die Verwendbarkeit freilich hängt von den wirtschaftlichen Bedingungen ab. —

Wir haben versucht, einige Aufgaben der Faserstoffchemie zu kennzeichnen und Wege, die zu ihrer Lösung führen sollen, anzudeuten. Freilich hat das Studium biochemischen Materials bei der Erforschung großer organischer Moleküle fast stets die Unwegsamkeit für die gangbaren Mittel erkennen gelehrt. Aber ehe nicht die reine Wissenschaft diese Wege eröffnet hat, kann auch der Techniker nicht erwarten, sie zu beschreiten und naturwissenschaftlich definierte Ziele vor sich zu sehen. Die Probleme, die der Krieg und seine Folgen für die Allgemeinheit greller als bis dahin beleuchtet haben, können nicht anders klar erfaßt werden, als auf Grund eines systematischen chemischen und physikalischen Studiums der Naturstoffe.

Man kann sagen, daß es heute drei Gruppen von Aufgaben sind, die dem Chemiker von der Textilindustrie gestellt werden: Die Probleme 1. der *Fasergewinnung*, 2. des *Faserschutzes*, 3. der *Faserveredelung*.

Vor allem für Deutschland war die Aufgabe, zu Textilfasern zu gelangen, eines der wichtigsten Rohstoffprobleme, denn an Stelle der einheimischen waren immer größere Mengen von eingeführten Rohstoffen verwendet worden.

In Westeuropa bestanden im Jahre 1733 die Kleiderstoffe angeblich aus:

Wolle	Leinen	Baumwolle
78 %	18 %	4 %

Dagegen sind die entsprechenden Zahlen vor dem Kriege:

Wolle	Leinen	Baumwolle
20 %	6 %	74 %

Vom ganzen Weltverbrauch an Textilien für Bekleidungsstoffe dürfte die Baumwolle sogar 90 % ausmachen.

Der deutsche Kulturboden reicht zur Ernährung der deutschen Bevölkerung nicht aus, noch weniger zur Zucht der nötigen Spinnfasern. Von den einheimischen Spinnfasern haben in Deutschland Flachs und Hanf die größte Bedeutung. Die Anbauflächen waren in 1000 ha

in den Jahren	Flachs 1000 ha	Hanf 1000 ha
1878	134	21
1883	108	15
1893	61	8
1900	34	4
1913	17	0,6
1916	—	1,6
1917	35	3
1918	50	4,3
1919	70	5

Der Rückgang in den Jahren, in denen Deutschland Industrieland wurde, erklärt sich aus wirtschaftlichen Gründen. Der Anbau mit

[1]) Vergl. Literatur bei *A. Rippel*, Angew. Botanik, Bd. *1*, S. 78 (1919).

Nährfrüchten war ertragreicher, die Aufbereitung der Pflanze zur Faser zumal im Kleinbetriebe allzu kostspielig geworden. Die Leinenindustrie litt infolge des andauernden Steigens der Baumwollverarbeitung und damit sank der Flachsbau. Ebenso hat wenigstens eine Zeitlang Jute den Hanf verdrängt. In der Kriegsnot trat eine erhebliche Steigerung der Anbauflächen ein.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei der Schafzucht. Auch diese hat sich seit den siebziger Jahren vermindert.

Im Jahre	Millionen Schafe
1873	25
1883	19
1892	14
1900	9,6
1907	7,7
1914	5,5
1918	5

Die Ursachen sind auch hier verschiedener Art. Bessere Kultur und Düngung geringer Weiden, überhaupt die Intensivierung der Landwirtschaft, die Wertsteigerung des Fleisches bei relativ geringem Wollpreis (das deutsche Schaf ist wesentlich Woll-, nicht Fleischschaf) sind die wesentlichen. Verbesserungsvorschläge gehen dahin, besonders den letzten Punkt durch entsprechende Zucht zu berücksichtigen.

Die Einfuhr an Faserstoffen betrug vor dem Kriege rund eine Million Tonnen, die Inlanderzeugung etwa 1½% davon. Die Menge der Einfuhr minus Ausfuhr verteilte sich im Mittel der 3 letzten Jahre vor dem Kriege in folgender Weise auf die wichtigsten Faserstoffe:

	Einfuhr minus Ausfuhr in 1000 t	Einfuhr minus Ausfuhr in Mill. M.	Beschäftigte Arbeiter
Baumwolle	463	546	550 000
Wolle	187	351	290 000
Hanf	50	36	
Jute	147	74	20 000
Flachs	52	50	260 000 (Leinen und Mischwaren)
Seide	3,7	143	100 000
	902,7	1200	1 220 000

Um die Not zu mindern, sind im Kriege verschiedene Wege zugleich beschritten worden:

1. Vermehrung der Kultur einheimischer Fasern;
2. Hinzuziehung anderer Faserbildner;
3. Verwendung des Holzzellstoffes;
4. Wiedergewinnung gebrauchter Fasern.

Im folgenden möge angedeutet werden, zu welchen Erfolgen die gemachten Anstrengungen geführt haben. Dabei mögen einige besondere Fragen angemerkt werden, die sich dem Chemiker aufdrängen.

Die nachstehende Tabelle gibt Aufschluß, wie weit die *Vermehrung des Flachs- und Hanfanbaues* während der Kriegsjahre erfolgreich war. Gleichzeitig enthält sie Angaben über die Gewinnung von Nessel, Torf und Typha.

Inländische Produktion an Fasern in t

	Flachs	Hanf	Nessel	Torf	Typha
1915	10 200	400	—	—	—
1916	10 300	1000	—	—	—
1917	14 000	1000	—	750	—
1918	37 500	1800	250	2500	1200

Die Vorschläge der Kriegszeit zur Ausnutzung der heimischen Faserbildner haben sich bei näherer Betrachtung nur zu sehr kleinem Teil als neu erwiesen; man findet sie zum großen Teil schon in der „Technischen Geschichte der Pflanzen" von *Georg Rudolf Böhmer*, 1794. Dabei hat sich in alter Zeit und jetzt wiederum ergeben, daß die einheimischen Samenhaare wegen starker Verholzung keine Anwendung finden konnten. Von den *vorgeschlagenen* und in größerem Maßstabe angewandten *Bastfasern* sind mit Ausnahme der Nessel fast alle mehr oder weniger stark verholzt: Typha, Ginster, Hopfen, Weidenbast, Torffaser, ferner Strohfaser (Stranfa).

Von diesen Fasern hat sich Typha als sehr brauchbares Material, und zwar als Juteersatz, erwiesen. Auch Stranfa ist gut verwendbar. Bei der Verarbeitung der Torffaser hat man die Erfahrung gemacht, daß sie nur bei Anwendung unverhältnismäßig großer Mengen von Schmelze spinnfähig wird, daß aber auch dann die Maschinen übermäßig beansprucht werden. Vielleicht gewinnt das Material für hygienische Zwecke größere Bedeutung. Die Brennessel war bereits den Alten bekannt und hat auch in Deutschland vor Einführung der Baumwolle im 18. Jahrhundert zur Herstellung von Nesselgarn und Nesseltuch gedient.

Das chemische Problem besteht immer in der Trennung der Zellulose von den Begleitstoffen, was in einigen Fällen, wie bei der Nessel, nicht ganz leicht, in anderen schwer gelingt. Ein klares Urteil über positiven Gewinn wird man erst in einiger Zeit besitzen.

Um vom *Holzzellstoff* zu Textilfasern zu gelangen, haben sich drei Wege als gangbar gezeigt:

1. die mechanische Herstellung von Zellstoffgarn (Papierstoffgarn, Zellulon),
2. Herstellung von Papiergarn,
3. Gewinnung von Kunstfasern.

Für die Gewinnung von *Zellstoffgarn* wird nach den neueren Verfahren der *Türk*-Gesellschaft der Zellstoff im Holländer ohne Zusatz gemahlen und dann über einen Rundsiebzylinder geführt, der mit undurchlässigen Streifchen belegt ist, so daß sich auf diesen Siebstreifen Faserbändchen bilden. Diese Bändchen werden genitschelt, gerundet usw. Beim Trocknen werden die Fasern durch den Zelluloseschleim, der sich beim Mahlen gebildet hat, so fest verklebt, daß das Zellulongarn eine Reißlänge von 7 bis 10 000 m zeigt, gegenüber 3 bis 6000 m von Papiergarn.

Auch die Herstellung von *Papiergarn* ist ein mechanisches Verfahren, das übrigens bereits Mitte des 19. Jahrhunderts in Japan in voller Blüte stand. Es beruht darauf, festes Papier herzustellen, dieses in feine Streifen zu zerschneiden und die Streifen zu drellieren. Bei dem *Textilosegarn* von *Claviez* ist die eine Seite des Papiers mit Textilfasern, z. B. Baumwollabfall belegt, das Garn ist daher wolliger. Papiergarn und Zellstoffgarn dienen als Ersatz für Jute- und Baumwollgarn für Säcke, Teppiche, Läufer, Wandverkleidungen usw.

Für den Chemiker ist besonders die Gewinnung von *Kunstfasern* von Interesse. Während die natürliche Seide aus Proteinen besteht, ist es gelungen, technisch brauchbare *Kunstseide* nur aus Zellulose und ihren Derivaten herzustellen. Die älteste von *Chardonnet* angegebene Methode geht von Nitrozellulose aus, ihre Gewinnung ist hauptsächlich wegen des Verbrauches an organischen Lösungsmitteln, also aus wirtschaftlichen Ursachen, in Deutschland jetzt vollständig aufgegeben worden. Teils aus demselben Grunde, außerdem aber schon wegen der Kosten der Darstellung des Ausgangsmaterials ist die Fabrikation der Azetatseide nie begonnen worden.

Im Kriege wurde in Deutschland nur *Glanzstoff* — aus der Auflösung von Zellulose in Schweizerschem Reagenz — und in der Hauptsache *Viskose*seide gewonnen. Die Verfahren der Gewinnung sind z. T. von verschiedener Seite variiert, z. T. verbessert worden, z. B. auch durch Herstellung dünnerer Fäden. Während es vor dem Kriege nicht möglich war, feinere als etwa 30 μ dicke Fäden aus Viskose zu gewinnen, gelingt es jetzt, durch die Anwendung anders zusammengesetzter Fällbäder bis unter die Fadenstärke der natürlichen Seide zu kommen. Aus der Lösung im *Schweizer*schen Reagenz lassen sich ebenso dünne Fäden ziehen, die immer mechanische Vorteile bieten. Großen Umfang gewann die Fabrikation von *Stapelfaser*, so genannt, weil die Faser einen „Stapel", eine bestimmte Länge besitzt. Ursprünglich beim Spinnen der Kunstseide usw. entstehender Abfall, war die Herstellung dieses Produktes als Wollersatz und Zusatz wichtig geworden. Die wirtschaftlichen Schwierigkeiten bestehen bei beiden Verfahren hauptsächlich in dem Verbrauch von Chemikalien, wozu in letzter Zeit noch die starke Preiserhöhung der Zellulose kommt.

	Jährliche Produktion in t	
	Kunstseide	Stapelfaser
	1916 bis 1919	1918 u. 1919
Viskose	2550	1200
Kupferoxydammoniakzellulose	75	150
	2625	1350

Zellulon 8 000 t
Papiergarn (1918) 40 000 t

Der Hauptfehler der Kunstseide und Stapelwolle — wie übrigens auch der Papier- und Zellstoffgarne — ist die Verminderung der Festigkeit in feuchtem Zustand. Trotz vielfacher Bemühungen ist es bisher nicht geglückt, einen Verlust der Festigkeit des nassen Fadens bis auf etwa 1/3 zu vermeiden.

Die Verwendung von Holzzellstoff war im Kriege von besonderer Bedeutung, weil der Wald gewaltige Vorräte des Rohmaterials darbot. Eine Überschlagsrechnung mag zeigen, welche Ausbeuten an Textilfaser, auf die Kulturfläche berechnet, erhalten werden. 1 ha Nadelwald liefert jährlich 5 bis 6 fm Holz; da aus 1 fm 160 kg Zellulose gewonnen werden, erhält man also im Mittel 880 kg Zellulose. Die Ausbeute an *Papier- und Zellulongarn* beträgt 80% der Zellulose, also aus 880 kg rund 700 kg.

Zur Gewinnung von 100 kg *Kunstseide* oder *Stapelfaser* gebraucht man 140 kg Zellstoff. Die Ausbeute beträgt also 630 kg.

Dagegen werden die Ausbeuten an *reiner Faser* unter günstigen Boden- und Kulturbedingungen angegeben pro ha für

Flachs	500— 600 kg
Hanf	1000—1200 kg
Amerikan. Baumwolle	200— 225 kg

Man sieht, daß die Unterschiede in der Ausnutzung des Bodens in unserem Klima nur zwischen 500 bis 1200 kg liegen, am günstigsten beim Hanf, am ungünstigsten beim Flachs, beim Holzzellstoff in der Mitte. Theoretisch besteht die Möglichkeit, Deutschland mit einheimischen Fasern zu versorgen, wenn aller Boden urbar gemacht ist und wenn das Studium der Zuchtfragen gestattet, die günstigsten Erfolge durch Anbau zu erzielen.

Zu besonderer Bedeutung ist die *Wiedergewinnung gebrauchter Fasern* gelangt. Hierbei handelt es sich einmal um die Regeneration bereits versponnener Baumwolle (Kunstbaumwolle), die mechanisch geschieht, und zweitens ebenso um die der Schafwolle (Kunstwolle). Zur mechanischen Zerkleinerung kommt evtl. eine Abtrennung der beigemischten Pflanzenfasern durch sogenannte Karbonisation mit Hilfe von gasförmiger Salzsäure. Man wählt Bedingungen, bei denen die tierische Faser möglichst wenig angegriffen wird, während die Zellulose vermorscht und dann leicht mechanisch entfernt werden kann. Ohne Zweifel besitzen diese Regenerationsverfahren verschiedene Nachteile, wie Zerreißung bzw. Verkürzung der Fasern und Schwächung der Wolle durch Einwirkung der Salzsäure.

Man kann annehmen, daß die deutsche Erzeugung von Kunstwolle + Kunstbaumwolle im Frieden pro Jahr etwa 40 000 t betrug. Die Erzeugung von Kunstwolle und Kunstbaumwolle war

im Jahre	Kunstwolle in t	Kunstbaumwolle in t	zusammen in t
1916	36 900	23 300	60 200
1917	46 000	35 000	81 000
1918	31 500	30 300	61 800
1919	24 600	24 700	49 300

In der Zeit vor dem Kriege sind die Rohstoffe verschwendet worden. Heute steht Deutschland — und wohl nicht Deutschland allein, sondern die gesamte Kulturwelt — vor der Aufgabe, die natürlichen Rohstoffe dadurch zu sparen, daß sie möglichst lange verwendungsfähig, dem Gebrauch erhalten werden und daß sie möglichst gute Eigenschaften erhalten.

Es sei noch gestattet, zwei Beispiele faserstoffchemischer Fragen zu berühren, die Aufgaben des *Faserschutzes* und der *Faserveredelung* betreffen.

Ein schon vor einiger Zeit lebhaft diskutiertes chemisches Problem ist die *Einwirkung der Oxydationsmittel* auf die Faserstoffe, wie sie zum Bleichen und zur Reinigung benutzt werden. Man darf annehmen, daß hierbei nicht nur die zu entfernenden färbenden Stoffe, sondern auch die Fasern angegriffen werden. Die Frage ist nur, ob mit einer Geschwindigkeit, die im Verhältnis zum mechanischen Verschleiß in Betracht kommt. *P. Heermann*[1]) hat aus seinen Versuchen geschlossen, daß durch je eine Tonne aktiven Sauerstoffes in den Waschmitteln im Durchschnitt je 30 t Baumwoll- und Leinenwäsche vernichtet werden, wobei übrigens Metallionen als Katalysatoren eine wesentliche Rolle spielen können. Er berechnet, daß durch zweckentsprechendere Verfahren der Wäschereinigung der deutschen Wirtschaft jährlich 150 bis 200 Millionen Mark erspart werden können. Von verschiedenen anderen Seiten werden aber die Ergebnisse stark angezweifelt und die Folgerungen aus Gegenversuchen führen zu dem Schluß, daß bei den in der Praxis angewandten Konzentrationen der Waschmittel — natürlich richtige Anwendung vorausgesetzt — der mechanische Wäscheverschleiß, auch der beim Waschen, den chemischen Angriff weit überwiegt.

Ein anderes in der Öffentlichkeit erörtertes Kapitel der Faserschädigung durch Chemikalien betrifft ein Verfahren der Veredelungsindustrie, die *Seidenbeschwerung*. Es ist geschätzt worden, daß infolge unsachgemäßer oder übertriebener Beschwerung der Seide der deutschen Wirtschaft etwa jährlich 100 Millionen Mark verloren gehen.

In der Rohseide ist der eigentliche Seidenfaden von einer Schicht Seidenleim oder Bast umgeben. Dieser wird für die meisten Verwendungszwecke, hauptsächlich um den Glanz zu erzielen, ganz oder teilweise entfernt. Um dem Faden wieder größeres Volumen zu geben, so daß auch das Gewebe dicker wird und den charakteristischen krachenden Griff erhält, wird der Faden wieder „beschwert". Dies geschieht heute weniger mit Gerbstoffen oder anderen organischen Kolloiden als mit den schwer löslichen Oxyden höherwertiger Metalle, wie Sn, Fe, Al, Cr, Zr, Ti, Ce usw. Von diesen Beschwerungs*stoffen* sind wohl zu unterscheiden die Beschwerungs*mittel*, die Verbindungen dieser Metalle, welche die Beschwerungsstoffe mit der Faser vereinigen. Der Grund dafür, daß sich gerade die genannten Beschwerungsstoffe eignen, ist ihre ausgesprochene Neigung für den kolloiden Zustand. Die Seide bildet als Bodenkörper ein typisch hydrophiles Gel; die genannten Oxyde stehen dagegen den hydrophoben Kolloiden nahe. Die beschwerte Seide ist als Verbindung zweier Kolloide aufzufassen, die sich gegenseitig beeinflussen, ohne dadurch ihren Sondercharakter zu verlieren; sie gleicht also etwa dem Cassiusschen Goldpurpur, gegerbter Gelatine usw.

Die Seide wird in die Lösung des Beschwerungsmittels, stark hydrolytisch gespaltener Salze der genannten Elemente, gebracht. Die von ihr aufgenommene Menge hängt ab, wie *Heermann* festgestellt hat, von der Konzentration und Zusammensetzung des Bades, von der Temperatur, der Einwirkungsdauer und der lockeren oder gepreßten Form, in der sich die Seide befindet. Durch nachfolgendes Waschen entfernt man die Hauptmenge von dem nicht zum Beschwerungs*stoff* gehörigen Bestandteil des Beschwerungs*mittels*, durch Fixierungsbäder die letzten Reste. Evtl. wird die Seide gedämpft oder getrocknet. Der ganze Prozeß wird mehrfach wiederholt. Dabei zeigt sich, daß die aufgewendete Beizenmenge im zweiten Bade kleiner ist als im ersten, in den folgenden Bädern jedoch stetig steigt, bis weit über den Betrag der ersten Beizung.

Die Natur der Vorgänge erkennt man wohl am besten an dem wichtigsten Beschwerungsstoff, dem Zinndioxyd, dessen kolloide Eigenschaften von *W. Mecklenburg*[1]) eingehend untersucht worden sind. Folgende Faktoren bestimmen den Zustand und somit das Verhalten des SnO_2-Kolloids: 1. Die Größe der Primärteilchen (Dispersitätsgrad), 2. die Größe der Sekundärteilchen (Koagulationsgrad), 3. der Zusammenhalt der Primärteilchen im Sekundärteilchen und 4. der Adsorptionszustand. Zu letzterem Punkt ist zu bemerken, daß es sich um das festgehaltene Lösungsmittel (Quellungswasser), um die an der Oberfläche angereicherten molekular gelösten Stoffe und um die dort angelagerten fremden Kolloidstoffe handelt. Eine Vereinigung letzterer Art ist eben die mit der Seide. Vermutlich läßt sich hier eine Art Schutzwirkung nachweisen.

Die angeführten vier Faktoren unterliegen einer dauernden spontanen Veränderung, die bei

[1]) Ber. über d. ord. Hauptvers. d. Ver. d. Deutsch. Textil-Veredelungsindustrie, 13. Okt. 1919 in Düsseldorf, Seite 28.

[1]) Z. anorg. Ch. Zur Isomerie d. Zinnsäuren 64, 368 ff.; 74, 207 ff.; 84, 121 ff.

steigender Temperatur rascher verläuft. Auch beeinflussen sie sich gegenseitig. Während sich der Dispersitätsgrad im allgemeinen sehr langsam verändert, können Koagulation und Änderungen im Adsorptionszustand schnell verlaufen. Veränderungen dieser Art lassen sich bereits bei der einmal beschwerten Seide erwarten. Insbesondere dürfte sich der Quellungszustand der Zinnsäure beeinflussen lassen. Noch wichtiger ist die Adsorption molekular gelöster Substanzen, von denen die Phosphorsäure praktisch die größte Rolle spielt. Von großem Einfluß ist ferner die Adsorption von Kolloiden, speziell der Zinnsäure selbst. Es findet eine Art Keimwirkung durch das bei der ersten Beschwerung aufgenommene Zinndioxyd statt. Die Adsorption anderer Kolloide ist für Streckungszwecke von großer Bedeutung, so die bisher vielfach verwendete, stark wasseraufnahmefähige SiO_2 und die in neuerer Zeit vorgeschlagenen Oxyde von Ce und Zr. Ob die in der Faser enthaltene Zinnsäure noch Koagulationsfähigkeit besitzt, ist fraglich, aber nicht unwahrscheinlich. So ist der Zweck der Dämpfung neben der Verstärkung der Hydrolyse wohl eine Reifung, analog der bei der Herstellung der photographischen Platte, also auch eine Koagulation.

Weder die Frage der Oxydationsschädigung der Fasern, noch die der Seidenbeschwerung werden sich ohne systematische Erforschung nicht nur der Bedingungen der technischen Prozesse, sondern auch der chemischen Vorgänge in der Faser endgültig lösen lassen. —

Sobald ein gewisser Kulturzustand erreicht ist, spielt in der Wirtschaft eines Volkes nächst der Ernährung die Bekleidung die größte Rolle. Klima und Boden entscheiden die Wahl der Rohstoffe. So war im alten Ägypten das Leinen; in Kleinasien, Palästina, Griechenland die Wolle; in China die Seide; in Indien und Amerika die Baumwolle heimisch. Durch den Alexanderzug erfuhren die Griechen näheres über diese. Sie waren es auch, die zuerst in Europa Baumwolle angebaut haben. In der römischen Kaiserzeit waren die genannten Fasern nebeneinander in Verwendung.

Von der weiteren Geschichte der verschiedenen Textilfasern ist man am besten über die der Seide orientiert, man kennt spätgriechische Seidenstoffe aus Antinoe und Alexandria und weiß, daß Seidenwebereien und -färbereien im byzantinischen Reiche blühten. In Italien ging der Seidenweberei der Handel mit den Stoffen voraus. Von da gelangte sie nach Deutschland zuerst im 13. Jahrhundert, wo sie zu Regensburg betrieben wurde. Aus dem 15. Jahrhundert stammen die Kölner Borten für Meßgewänder.

Italien war im 14. Jahrhundert auch der Ausgangspunkt des Baumwollhandels für Nord- und Westeuropa, und von dort gelangte Baumwolle auch nach Konstanz und Ulm, wo sie bereits 1320 gesponnen und verwebt wird (Barchent). Im 16. Jahrhundert verbreitet sich die Verarbeitung der Baumwolle bis Augsburg, Nürnberg, Leipzig, Chemnitz; über Antwerpen gelang sie auch nach Köln. Deutschland blieb das mitteleuropäische Hauptland der Baumwollverarbeitung, bis als eine Folge des dreißigjährigen Krieges England die Erbschaft übernahm. Durch die Entwicklung der mechanischen Weberei gelangte es an erste Stelle. Es folgte die Periode der außerordentlichen mechanischen Durchbildung der Weberei und Spinnerei.

Heute hat es den Anschein, als ob wir vor einer neuen Epoche stünden: vor der chemischen Eroberung der Textilindustrie.

Die biologischen Ergebnisse der Wildmarkierung.

Von Karl Eckstein, Eberswalde.

Nach den Jagdgesetzen aller deutschen Staaten genießt das Reh gewisse Schonzeiten, die je nach Geschlecht und Alter verschieden bemessen sind. Da die Ricke oder Geis kein Gehörn trägt, ist sie vom Bock leicht zu unterscheiden. Schwerer, ja geradezu unmöglich ist es, das Alter eines Stückes, das dem Jäger vor die Büchse kommt, mit Sicherheit zu bestimmen, da die individuelle Verschiedenheit von Körpergestalt, Gewicht und Entwicklung des Gehörns sowohl nach Gegenden wie nach der ererbten Veranlagung des Stückes schwankt und nicht zuletzt von den Äsungsverhältnissen des Standortes und den mehr oder minder großen Fährlichkeiten des Winters abhängt. Wohl sind weidgerechte Jäger imstande, die einzelnen Stücke persönlich zu kennen; jedoch sind Fälle des Zweifels, Irrtums und der augenblicklichen Täuschung nicht ausgeschlossen. Die weidgerechte Jagd ist Sport. Der Weidmann, auf dessen Ehrenschild die Hege und Pflege des Wildes geschrieben steht, setzt seinen Stolz darin, nicht viele, sondern „brave“ und „kapitale“ Böcke zu schießen, d. h. solche mit gut entwickeltem, starkem Gehörn. Wann trägt dies der Bock? Nach alter Regel schiebt er am Ende des ersten Lebensjahres oft übersehene, ganz kleine, knopfförmige Spießchen, die er sehr bald fegt und abwirft, um Spieße aufzusetzen. Diese werden im Mai, Juni, Juli, d. h. etwa im 12. Lebensmonat, gefegt. Im 20. Lebensmonat (Dezember) sind auch diese abgeworfen und werden seltener durch ein Gabelgehörn, in der Regel durch ein Sechsergehörn ersetzt. Es fragt sich nun erstens: Ist diese Regel richtig? und zweitens, welches Sechsergehörn ist das stärkste, das zuerst aufgesetzte oder eines der — bei alljährlich stattfindendem Abwerfen und Neuaufsetzen — später getragenen? Die im Laufe der letzten Jahrzehnte von zahlreichen Jägern gemachten Beobachtungen, die in oft hef-

tigem Für und Wider von Jagdschriftstellern verfochtenen Ansichten führten zur weiteren Klärung der Frage mit dem Ergebnis, daß das Alter des Bockes ebensowenig nach dem Gehörn und seiner Stärke, wie nach seiner allgemeinen Erscheinung bestimmt werden kann.

Die Altersbestimmung für die erste Lebenszeit geschieht an der Hand der Beobachtung des Zahnwechsels:

Das Reh hat:	Schneidezähne	Backenzähne
1 Monat alt, im Mai und Juni	unten 1.2.3.4	
2 bis 4 Monate alt, im Juni, Juli, August, September	1.2.3.4	oben 1.2.3 unten 1.2.3
5 Monate alt, im Septemb. u. Okt.	1.2.3.4	1.2.3.IV 1.2.3.IV
6 bis 9 Monate alt, im Okt. bis Januar	1.2.3.4	1.2.3.IV.V 1.2.3.IV.V
10 bis 12 Monate alt, im Febr. bis April	I.II.3.4	1.2.3.IV.V 1.2.3.IV.V
13 Monate alt, im Juni und Juli	I.II.III.IV	1.2.3.IV.V 1.2.3.IV.V
14 Monate alt und älter	I.II.III.IV	I.II.III.IV.V.VI I.II.III.IV.V.VI

wobei die Zahlen 1.2.3.4 das Milchgebiß, I.II bis VI die Zähne des Dauergebisses bezeichnen.

Da die Vererbung hinsichtlich der Gehörnentwicklung eine große Rolle spielt, galt es unter anderem die Frage zu beantworten, ob ein Bock, der ein kurzes, noch nicht fingerlanges Gehörn trägt, ein alter Kümmerer oder ein junger Zukunftsbock ist, d. h. ob sein Abschuß geboten oder ob er für später zwecks weiterer Ausbildung seines Gehörns und Vererbung seiner guten Anlagen und Eigenschaften erhalten werden soll und wie lange.

Diese Frage, sowie alle anderen hinsichtlich des Auftretens der einzelnen Gehörnstufen, kann beantwortet werden, seitdem man den unermüdlichen Bemühungen des Grafen *Bernstorf-Angerod* und seinem Rufe folgend, das Geburtsjahr und annähernd genau die Tage feststellte, an dem Rehe gesetzt wurden.

Dies geschieht durch „Wildmarken", die seit dem Jahre 1904 der Allgemeine Deutsche Jagdschutz-Verein verteilt. Soweit die Gehörne der mit Wildmarken gezeichneten Rehe später dem Verein zur Verfügung gestellt werden, wird durch eine aus Zoologen und Jägern zusammengesetzte Kommission das Ergebnis von Zeit zu Zeit, vor dem Kriege meist gelegentlich der Berliner Geweihausstellungen, festgestellt.

Zur Setzzeit des Rehes, also im Mai, Juni, wird das frisch gesetzte Rehkitz mit einer Wildmarke gezeichnet. Diese besitzt die Gestalt eines Druckknopfes, ist vernickelt und wird unlösbar an der Gehörmuschel in dem festeren, knorpeligen

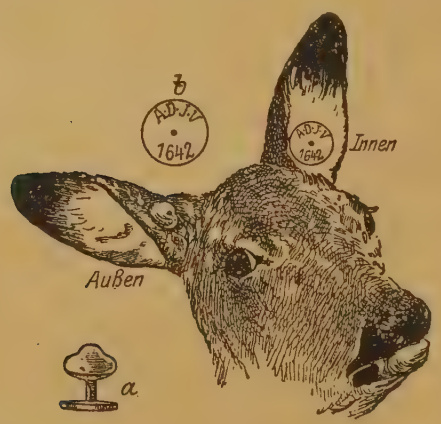


Fig. 1. Kopf eines Rehes mit Wildmarke. *a* Wildmarke von der Seite gesehen, *b* Wildmarke von unten; auf der Rückseite sitzt der Stachel. Im linken Gehör sieht man die Wildmarke, am rechten sieht man den Knopf. Selbstverständlich bekommt jedes Kitz nur eine Wildmarke in das linke oder in das rechte Gehör.

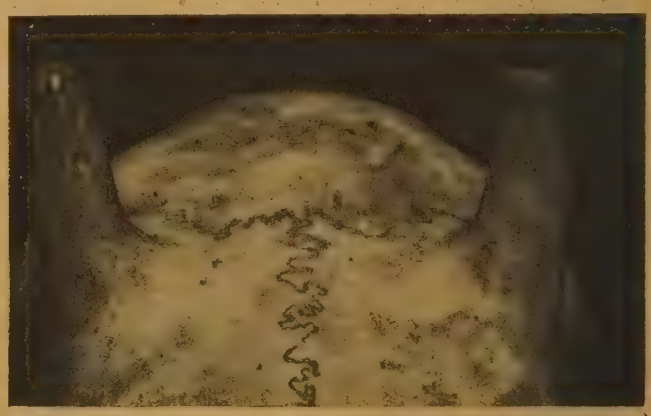


Fig. 2. Knopfspieße (Spieße 1. Ordnung) mit Demarkationslinien, d. h. den Grenzen, in denen sich das Gehörn beim Abwerfen vom Rosenstock trennt. Vergrößert. Die Demarkationslinien sind 1 cm vom Ende des Gehörns zu sehen.

Für die Zeit nach dem 14. Lebensmonat muß die Abnutzung der Zähne herangezogen werden. Diese geschieht im allgemeinen gleichmäßig; der älteste Zahn im Dauergebiß ist der 4. Backenzahn, er arbeitet bereits seit dem 5. Lebensmonat und ist daher am meisten abgenutzt. Ihm folgen in dieser Beziehung die hinteren Zähne. Hierauf soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden.

Teil des Gehöres (Ohres) angebracht. Der Stachel der Wildmarke wird von innen nach außen durch das Gehör gedrückt, der Knopf wird dann aufgesetzt, so daß die Nummer nach innen, der Knopf nach außen kommt, und mit dem Zeigefinger und Daumen ein fester Druck auf beide Teile ausgeführt, bis ein hörbares Einschnappen erfolgt. Die Wildmarke ist auf ihrer Scheibe mit den Buchstaben A. D. J. V. und einer fortlaufen-

den Nummer versehen. Über die erfolgte Markierung ist Buch zu führen, Nummer der Marke, Datum und Ort der Markierung einzutragen, sonst hat das Anbringen der Marken keinen Wert. Man muß selbstverständlich — auch wenn man selbst nicht gezeichnet hat — bei erlegten oder eingegangenen Stücken auf das Vorhandensein von Wildmarken achten. Diese dienen nebenbei auch zur Feststellung etwaiger Wanderungen des Rehes.

Die Nummer jeder verbrauchten und ebenso die jeder wiedergefundenen Wildmarke wird dem A. D. J. V. gemeldet, und zwar unter Angabe des Datums der Zeichnung des Kitzes und ebenso der Erlegung, des Reviers, in welchem das Stück zur Strecke kam, seines Gewichts, bei männlichen Stücken Stärke des Gehörns und etwaiger besonderer Umstände. Von größtem Wert ist die leihweise Überlassung der Köpfe oder wenigstens der Gehörne der erlegten Böcke.

Auf der internationalen Jagdausstellung in Wien hatte der A. D. J. V. über 100 Gehörne mit Wildmarken ausgestellt. Es war mir vergönnt, diese Sammlung zu studieren, bevor die Gehörne den einzelnen Besitzern zurückgegeben und damit in alle Winde zerstreut wurden. Das Ergebnis meiner Untersuchungen sei im folgenden kurz mitgeteilt:

Sie bestätigen zunächst die allgemeine Regel, nach welcher im Laufe des ersten Lebensjahres, bald früher, bald später, die Rosenstöcke gebildet werden mit darauf wachsenden Knöpfen, welch letztere unter der Haut bleiben *oder* durchbrechen, gefegt und dann abgeworfen werden. Das zweite Gehörn hat deutlich Rosen. Erst beim dritten Gehörn treten normale Zeiten des Abwerfens (Herbst, Vorwinter) und Aufsetzen (Winter) ein.

Für den Jäger ist das Aussehen des Bockes, zumal seines Gehörns, in den einzelnen Abschußperioden von Bedeutung. Die Wildmarkenforschung ergab nun folgende Tatsachen:

1. Böcke, die *vor* der ersten Abschußperiode stehen (Knopfspießer oder besser Spießer 1. Ordnung genannt), haben noch nicht geschoben oder tragen Spieße, oder sie haben schon abgeworfen, d. h. die Entwicklung des Erstlingsgehörns geht mehr oder weniger rasch vorwärts; dieses kann noch unter der Decke verborgen sein oder eine bald geringe, bald vorgeschrittene Entwicklung zeigen;
2. Böcke, welche *in* der ersten Abschußperiode stehen (für Preußen 16. 5.—31. 12.), tragen ihr erstes Gehörn: Knopfspieße, oder sie tragen ihr zweites Gehörn: Spieße und Gabeln, sogar schwache Sechsergehörne. Je nachdem sie früher oder später gesetzt sind, sind sie noch nicht ganz ein Jahr alt, oder älter bis zu 19 Monaten; sie haben im 11. Monat den 3. Schneidezahn gewechselt, der nun zweiteilig ist;

Fig. 3. Erstlingsgehörn (Spieße erster Ordnung) eines über 2 Jahre alten Bockes (markiert im Mai 1906, erlegt am 9. 8. 1918). Stangenlänge links 61 mm, rechts 67 mm. Vergrößert.

Fig. 4. Gehörne zweier gleich alten Böcke aus der zweiten Abschußperiode. Das eine: ein typisches Sechsergehörn; das andere: Spieße erster Ordnung; verkleinert. Die Spieße sind in Figur 3 vergrößert.

3. Böcke, welche in der 2. Abschußperiode stehen, also zum zweiten Male einen 16. Mai erlebt haben; wenn sie spät (Juni) gesetzt sind (z. B. 23. VI. 05) und früh (Mai) geschossen werden (z. B. 30. V. 07) im Lebensalter von 23½ Monat — oder älter sind, bis 35½ Monaten, tragen ihr drittes Gehörn: Sechserstangen oder noch ihr Erstlingsgehörn. Dieses hatte bei einem untersuchten Bock eine Stangenlänge von rechts 67, links 61 mm. Warum es ein Erstlingsgehörn ist (Spieße 1. Ordnung), soll später dargelegt werden.
4. Böcke, die in der dritten Abschußperiode stehen, d. h. zum dritten Male einen 16. Mai erlebt haben, sind solche, die ihr viertes Gehörn tragen. Es sind Sechsergehörne oder durch Zurücksetzen Gabeln oder Spieße 2. Ordnung (d. h. kein Erstlingsgehörne).

Kurz zusammengefaßt heißt dies:

Der Bock trägt unter Umständen bis in sein 3. Lebensjahr Spieße 1. Ordnung, er trägt unter Umständen bereits vor vollendetem 1. Lebensjahr ein Sechsergehörn.

Wie kann man Erstlingsgehörne von solchen, die nach einem Abwurf entstanden sind, unterscheiden?

Das Gehörn erhält die Stoffe zu seinem Aufbau durch die Blutbahnen im Innern des Rosenstocks und durch die unter dem Bast liegenden Gefäße. Diese markieren sich am Rosenstock und am unteren Ende der Stangen durch Längsfurchen. Das Erstlingsgehörn hat noch nicht die für jedes folgende Gehörn charakteristischen Knochenwucherungen (Rosen), die als Ringwulst am unteren Ende der Stange in die Augen fallen. Ein rosenloses Gehörn, bei dem die Knochenfurchen, in denen die Blutgefäße verlaufen, ohne Unterbrechung vom Rosenstock in die Stange übergehen, ist ein Erstlingsgehörn.

Welche Regeln für den Jagdbetrieb kann der Jäger aus diesen Tatsachen folgern?

Er wird sich klarzumachen versuchen, wie ein Bock mit schwachem Gehörn sich wahrscheinlich weiter entwickeln wird, d. h. er wird gut veranlagte Spießer 1. Ordnung unterscheiden müssen von Kümmeren, die ihrem Alter entsprechend ein Gehörn höherer Stufe tragen müßten. Letztere wird er abschießen, möglichst bevor sie ihre schlechten Eigenschaften vererben. Gut veranlagte Spießer 1. Ordnung wird er nicht abschießen. Mit dem Abschuß stärkerer Sechserböcke wird er, wenn er weidgerechte Jagdnachbarn hat, auch nicht voreilig sein. Er wird für ein zweckmäßiges Zahlenverhältnis zwischen Böcken und Ricken sorgen und für einen den Äsungsverhältnissen entsprechenden Wildstand überhaupt. Diejenigen Kitze werden starke Böcke, die als einziges Junges, dessen Vater ein braver Bock ist, von einer kräftigen Ricke zeitig gesetzt werden, vorzügliche Äsungsverhältnisse finden und gut durch den Winter kommen.

Man hat auch Rot- und Dammwild mit Wildmarken gezeichnet, aber nur in so wenigen Fällen, daß Ergebnisse noch nicht vorliegen.

Über eine wahrscheinlichkeitstheoretische Rechtfertigung des Erwartungsgefühles (Bayessche Regel).

Von Paul Hertz, Göttingen.

§ 1.

Der Wahrscheinlichkeitsrechnung kommt deshalb vor allem ein so hervorragendes Interesse zu, weil wir in den unser Handeln bestimmenden Erwägungen beständig, mehr oder weniger bewußt, von ihren Grundsätzen Gebrauch machen. Eine ihrer wichtigsten Anwendungen ist die folgende: Wer bei einer bestimmten Gelegenheit eine vorhandene Gefahr fürchtet (Eisenbahnunglück, Bankrott eines Unternehmens, Infektion durch Zusammensein mit einem Kranken), läßt sich wohl durch die Bemerkung beruhigen, daß auf die fragliche Weise bisher ein Unfall noch nie eingetreten sei; also sei auch weiterhin nichts zu besorgen. Die Berechtigung dieses Schlusses soll hier untersucht werden.

Zunächst scheint es sehr kühn, das *Nicht*eintreten eines Ereignisses zum Ausgangspunkt für weiteres Schließen zu machen. Doch läßt sich auch wiederum die Stichhaltigkeit eines solchen Verfahrens nicht verkennen. Auch ohne besondere astronomische Kenntnisse würden wir es fast für ausgeschlossen halten, daß in den nächsten 5 Minuten eine Katastrophe durch Zusammenstoß mit einem anderen Stern eintritt. Daß aber eine solche innerhalb eines Zeitraumes von a^{a^a} Jahren $\left(a = 1\,000\,000^{1\,000\,000^{1\,000\,000}}\right)$ *möglich sei*, wer wollte das in Abrede stellen?

Sind aber überhaupt solche Schlüsse gestattet, so müssen sie auch in quantitativer Form vollzogen werden können. Wie das möglich ist, soll im folgenden gezeigt werden.

§ 2.

Wir bedürfen, um in der angegebenen Weise schließen zu können, eines wichtigen Lehrsatzes der Wahrscheinlichkeitsrechnung, der sogenannten Bayesschen Regel, die wir zunächst darlegen müssen:

Es möge ein bestimmtes Ereignis $\mathfrak{E}$ in verschiedenen Fällen A_1, A_2, A_3, ... usw. eintreten können. Wenn A_1 vorliegt, so sei $\mathfrak{E}$ mit der Wahrscheinlichkeit w_1 zu erwarten, während A_2, A_3, ... usw. $\mathfrak{E}$ mit der Wahrscheinlichkeit w_2, w_3, ... usw. herbeiführen. Nun sei aber bekannt, daß $\mathfrak{E}$ wirklich eingetreten ist. Dann verhalten sich nach der Bayesschen Regel die Wahrscheinlichkeiten für das Vorliegen von A_1 bzw. A_2 bzw. A_3 usw. wie $w_1 : w_2 : w_3$, oder die Wahrscheinlichkeit von A_1 beträgt:

$$P_1 = \frac{w_1}{w_1 + w_2 + w_3 + \ldots} \quad \ldots\ldots (1$$

Diese Regel nun läßt sich auf das uns beschäftigende Problem anwenden.

Um das einzusehen, betrachten wir den Fall, daß gewisse Ereignisse E von irgendeiner scharf charakterisierten Art von Zeit zu Zeit immer wieder eintreten werden, indem sie sich mit gleichmäßiger

Häufigkeit über die unendliche Zeitausdehnung verteilen. Trifft das zu, so erhält man, wie in der Wahrscheinlichkeitsrechnung gezeigt wird, als Wahrscheinlichkeit dafür, daß man von einem beliebigen Zeitpunkt an auf ein E eine zwischen t und $t+\mathrm{d}t$ liegende Zeit warten muß, den Wert $b(t)\,\mathrm{d}t$, wo

$$b(t) = p \cdot e^{-pt} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2$$

ist. Hier ist p eine Konstante — wir wollen sie Frequenzzahl nennen —, die eben für die Gattung unserer Ereignisse E charakteristisch ist.

Man sieht sofort, daß die verschiedenen für die Werte von p bestehenden Möglichkeiten gerade den bei Anwendung der Bayesschen Regel zu unterscheidenden Fällen entsprechen. In der Tat, aus jeder Annahme über p geht eine bestimmte Wahrscheinlichkeit — nämlich e^{-pT} — dafür hervor, daß in der Zeit 0 bis T das Ereignis E nicht eingetreten ist. Nun sei E tatsächlich nicht eingetreten[1]). Die Bayessche Regel gestattet dann also umgekehrt die Wahrscheinlichkeit jeder Frequenzzahl zu ermitteln. Hieraus kann dann weiter die Wahrscheinlichkeit bestimmt werden, daß die Zeit, die wir noch weiter warten müssen, in gegebenen Grenzen liegt. Der Zusammenhang wird klar sein: Ist E lange Zeit hindurch nicht eingetreten, kann man auf eine kleine Frequenzzahl schließen und von da aus weiter auf eine fernere große Wartezeit. Folgendes ist das Ergebnis der Rechnung:

Ist uns bekannt, daß E in der Zeit 0 bis T nicht eingetreten ist, so besteht die Wahrscheinlichkeit $\psi(t)\,\mathrm{d}t$ dafür, daß die weiterhin erforderliche Wartezeit zwischen t und $t+\mathrm{d}t$ liegt und die Wahrscheinlichkeit $\Psi(t)$, daß sie größer als t ist, wo

$$\psi(t) = \frac{T}{(T+t)^2} \quad \ldots\ldots \quad (3$$

$$\Psi(t) = \frac{T}{T+t} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4$$

Endlich folgt für die *wahrscheinliche Wartezeit* Θ, d. h. eine Zeit, die eben so oft überschritten als unterschritten wird:

$$\Theta = T. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5$$

Wenn bekannt ist, daß E die Zeit T hindurch nicht eingetreten ist, darf man sein Eintreten mit der Wahrscheinlichkeit ½ in der folgenden Zeitstrecke T erwarten.

§ 3.

Ähnliche Betrachtungen gelten, wenn E nur zu diskreten Zeitpunkten möglich ist. Sei jetzt $\mathfrak{p}$[2]) die Wahrscheinlichkeit, daß E bei einer dieser Gelegenheiten auftritt, so ist mit der Wahrscheinlichkeit $(1-\mathfrak{p})$ anzunehmen, daß es die ersten $\mathfrak{T}$-Male seit Beginn der Beobachtung nicht vorkommen wird. Aus der Bayesschen Regel (1) folgt jetzt: Wenn E die ersten $\mathfrak{T}$ Male nicht eingetreten ist, so besteht eine Wahrscheinlichkeit:

$$\psi(\mathfrak{t}) = \frac{\mathfrak{T}+1}{\mathfrak{T}+\mathfrak{t}+1} \quad \ldots\ldots \quad (6^3)$$

dafür, daß man auf sein Eintreten mehr als weitere $\mathfrak{t}$ Zeitpunkte warten muß. Als wahrscheinlichen Wert Θ^* für die Zahl der noch abzuwartenden Gelegenheiten findet man aber:

$$\Theta^* = \mathfrak{T}+1 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7$$

Durch Grenzübergang kommt man von (6) und (7) zu (4) und (5) zurück.

§ 4.

Gegen diese Berechnung bestehen nun verschiedene Bedenken. Zunächst gilt die Formel (1) nur, wenn die möglichen Ursachen von vorneherein dieselbe Wahrscheinlichkeit haben. Ist das nicht der Fall, und sind $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ die sogenannten apriorischen Wahrscheinlichkeiten für A_1, A_2, A_3, d. h. diejenigen Wahrscheinlichkeiten, mit denen man A_1, A_2, A_3 vor der Beobachtung zu erwarten hatte, so verhalten sich, falls nun $\mathfrak{E}$ wirklich beobachtet wurde, die aposteriorischen Wahrscheinlichkeiten für A_1, A_2, A_3 wie $w_1 \cdot \omega_1 : w_2 \cdot \omega_2 : w_3 \cdot \omega_3$; speziell ist die Wahrscheinlichkeit für A_1:

$$P_1' = \frac{w_1 \cdot \omega_1}{w_1 \cdot \omega_1 + w_2 \cdot \omega_2 + w_3 \cdot \omega_3 + \ldots}$$

Über die apriorischen Wahrscheinlichkeiten läßt sich aber naturgemäß allgemein nichts aussagen. Man könnte etwa die apriorische Wahrscheinlichkeit von p als konstant ansehen[4]). Eine solche Annahme erscheint aber durchaus willkürlich[5]). Am einleuchtendsten wäre wohl noch die Annahme, daß die apriorischen Wahrscheinlichkeiten für die Frequenzzahlen p an einer Stelle p_0 ein Maximum besitzen und von da nach beiden Seiten nach dem Gaußischen Fehlergesetze abfallen[6]).

So würde man vielleicht für die Frequenzzahl von Erkrankungen, bei Beschränkung auf Einwohner *einer*

---

[1]) Das im vorigen Paragraphen mit $\mathfrak{E}$ bezeichnete Ereignis besteht also darin, daß E in der Zeit von 0 bis T *nicht* eintritt.

[2]) $\mathfrak{p}$ ist also nur Werte zwischen 0 und 1 fähig, während p alle Werte zwischen 0 und ∞ annehmen kann.

[3]) *P. J. Laplace,* Oeuvres *VIII,* S. 31 unten (setze $q = \mathfrak{T}$, $n = \mathfrak{t}$, $p = m = 0$).

M. J. Condorcet, Réfl. sur la déterm. de la probabilité des évènements futures. Par. hist. 1783, p. 539. Essai sur l'applic. de l'analyse à la probabilité des décisions.

[4]) Dann würde aber, da von vornherein für p alle Werte zwischen 0 und ∞ möglich sind, jedem endlichen Intervall die apriorische Wahrscheinlichkeit 0 zukommen. Entweder müßte man also das Bayessche Theorem anders formulieren, oder die Konstanz der Wahrscheinlichkeit von p nur in einem wenn auch noch so großen Intervall voraussetzen, außerhalb dessen die Wahrscheinlichkeit rasch gegen Null sänke. Diese Bedenken bestehen nicht gegen die Betrachtungen des vorigen Paragraphen.

[5]) Die gleichen Bedenken würde auch die von *Helmert* (Astr. Nachr. *88,* 1876) gegebene Ableitung des mittleren Fehlers aus dem scheinbaren Fehler treffen.

In unserem Falle hätte man z. B. auch die mittleren Erwartungszeiten $\tau = \frac{1}{p}$ als a priori gleich wahrscheinlich ansehen können. Allerdings erhielte man dadurch einen unendlich großen Nenner des Bayesschen Quotienten. Man müßte also dann die Konstanz von τ auf ein endliches Intervall beschränken.

[6]) Die durch $\mathrm{d}p$ dividierte apriorische Wahrscheinlichkeit dafür, daß p zwischen p und $p+\mathrm{d}p$ liegt, wäre also:

$$\omega(p) = \frac{e^{-h^2(p-p_0)^2}}{\int_0^\infty e^{-h^2(p-p_0)^2}\,\mathrm{d}p} = \frac{h \cdot e^{-h^2(p-p_0)^2}}{\frac{\sqrt{\pi}}{2} + \frac{\sqrt{\pi}}{2}\,\Phi(h\,p_0)},$$

wo $$\Phi(u) = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^u e^{-u^2}\,\mathrm{d}u$$

ist.

Stadt, Zahlen p erhalten, deren Häufigkeiten ein durch zwei Zahlen p_0 und h[7]) charakterisiertes Fehlergesetz befolgen. Aber die für alle deutschen Städte festzustellenden Werte von p_0 und h würden vermutlich ihrerseits wieder um Zentralwerte schwanken usw. ad infinitum. Daraus ergibt sich:

Eine quantitative Behandlung des von uns aufgeworfenen Problems ist nur möglich in bezug auf Individuen oder Mechanismen innerhalb einer scharf begrenzten Klasse.

Ferner scheint jetzt die einfache Formel (5) ungültig zu werden, weil sie die Konstanten p_0 und h nicht enthält. Es wird ihr aber doch ein allgemeinerer Erkenntniswert zugeschrieben werden können, wenn es gelingt, sie für einen Grenzfall aus unseren jetzigen Ansätzen abzuleiten. Das ist in der Tat möglich. Man kann zeigen, daß Θ für sehr große T wirklich von p_0 und h unabhängig wird.

§ 5.

Zu diesem Zwecke braucht man nur die Bayessche Regel (8) auf sämtliche unendlich viele für p möglichen Fälle anzuwenden. Man findet dann: Ist E bis zur Zeit T nicht eingetreten, so besteht eine Wahrscheinlichkeit dafür, daß man noch länger als die Zeit t darauf zu warten habe, im Betrage von

$$\psi(t) = \frac{T}{T+t} \cdot \varkappa, \qquad \ldots\ldots\ldots (9$$

wo $\varkappa$ mit wachsendem T gegen 1 konvergiert[8]).

Auch diese Betrachtungen sind nicht frei von Willkür. Wir haben von der Annahme Gebrauch gemacht, daß die apriorische Wahrscheinlichkeit dem Gaußischen Fehlergesetz folgt[9]).

[7]) Vergl. die vorige Anmerkung.

[8]) Es ist:

$$\left(1-\frac{2h^2p_0}{T}\right)\left[1-\frac{1}{\frac{T^2}{2h^2}\left(1-\frac{2h^2p_0}{T}\right)^2}\right] \leqq \varkappa \leqq \left(1-\frac{2h^2p_0}{T}\right)^{-1}\left[1-\frac{1}{\frac{T^2}{2h^2}\left(1-\frac{2h^2p_0}{T}\right)^2}\right]^{-1};$$

also ist z. B. $\varkappa$ zwischen 0,81 und 1,24, wenn

$$T > 20\,h^2p_0$$

und

$$T > 5\,h$$

ist. Um diese Ungleichungen anschaulich zu interpretieren, mag man die mittlere Wartezeit $\tau = \frac{1}{p}$ einführen. Deren Mittelwert ist zwar unendlich. Falls aber hp_0 sehr groß ist, kann man vielleicht annehmen, daß ω für beträchtlich von p_0 verschiedene Werte stärker abfällt als dem Gaußischen Fehlergesetze entspricht. Ist dann τ_0 der Mittelwert und τ_m der mittlere Fehler von τ, so lauten die obigen Ungleichungen angenähert:

$$T > 10\,\frac{\tau^3}{\tau_m{}^2},$$

$$T > \frac{5}{\sqrt{2}}\,\frac{\tau_0{}^2}{\tau_m},$$

eine Umformung, die nur erlaubt ist, wenn $\frac{\tau_0}{\tau_m}$ groß gegen 1 ist.

[9]) Übrigens läßt sich ein viel allgemeinerer Satz beweisen. Herr *R. v. Mises* hat mir einen Beweis für folgenden Satz mitgeteilt: Wenn die durch $\mathrm{d}\mathfrak{p}$ dividierte apriorische Wahrscheinlichkeit $\omega^*(\mathfrak{p})$ dafür, daß $\mathfrak{p}$ zwischen $\mathfrak{p}$ und $\mathfrak{p}+\mathrm{d}\mathfrak{p}$ liegt, eine beschränkte Funktion ist, so gilt für unendlich wachsendes $\mathfrak{T}$:

$$\lim_{\mathfrak{T}=\infty} \Psi = \frac{\mathfrak{T}}{\mathfrak{T}+t}$$

Ein entsprechend allgemeiner Satz gilt auch für das kontinuierliche Problem. (Es muß aber in beiden Fällen $\omega(0) \neq 0$ sein.)

§ 6.

Es wäre wünschenswert, die Gültigkeit der erhaltenen Formeln, etwa von (5), empirisch zu bestätigen. Es müßte in bezug auf einen gegebenen Zustand E zu jedem T eine Sammlung von Individuen gefunden werden, an denen E zur Zeit T noch nicht aufgetreten ist. Diese den verschiedenen Werten T entsprechenden Sammlungen müßten aber alle demselben übergeordneten Bereich angehören und aus ihm in willkürfreier Weise ausgesondert werden.

Wir wollen als solche Bereiche Mengen von Autoren heranziehen, und als Ereignis E gewisse sprachliche Eigentümlichkeiten. Indem wir als Zeitmaß die Zahl der gebrauchten Wörter verwenden, gelangen wir allerdings nicht zu einer Prüfung des Ergebnisses von § 2 — woran uns am meisten gelegen wäre —, sondern von § 3. Aber beide hängen so eng zusammen, daß eine Bestätigung oder Widerlegung des einen auch das andere betreffen würde.

Ich wählte 300 Schriftsteller, die in Westermanns Monatsheften Arbeiten veröffentlicht haben. Beginnend mit dem 41. Band berücksichtigte ich die 300 ersten Verfasser — jeden nur einmal — in der Reihenfolge des alphabetischen Autorenverzeichnisses. Nun ermittelte ich die Stelle — die t_1-te —, an der zuerst nach der Kapitelüberschrift ein Fremdwort vorkommt. Ebenso sei t_2 die erste Stelle eines Fremdwortes auf der auf das erste Fremdwort folgenden Seite. So gelangte ich zu 300 zugeordneten Zahlenpaaren t_1 und t_2[10]).

Hieraus kann nun Θ^* empirisch bestimmt werden. Die nachstehende Tabelle enthält in der zweiten Spalte

$\mathfrak{T}$	Zahl der t_1	$\Theta^*_{\text{ber.}}$	$\Theta^*_{\text{beob.}}$	$100\,\psi(50)$ ber.	$100\,\psi(50)$ beob.
0	300	1	17	2,0	18,7
10	184	11	19	18,0	22,3
20	135	21	19	29,6	24,4
30	92	31	18½	38,3	28,3
40	68	41	26½	45,1	36,8
50	49	51	29	50,5	34,7
60	44	61	29	55,0	38,6
70	37	71	30	58,7	40,6
80	32	81	41½	61,8	46,9
90	24	91	35½	64,5	45,8
100	16	101	69½	66,9	56,3

zu den verschiedenen Werten von $\mathfrak{T}$ (erste Spalte) die Anzahl der ermittelten Zahlen $t_1 > \mathfrak{T}$. Der zugehörige

[10]) Zu bemerken ist noch, daß lange eingebürgerte Wörter fremder Abkunft, die nicht mehr als fremd empfunden werden, auch bei der Zählung nicht als solche betrachtet wurden. Hier bestand freilich die Gefahr einer Beeinflussung durch theoretische Erwartungen. Um sie auszuschließen, habe ich in allen nur irgend zweifelhaften Fällen die Entscheidung eines Philologen, des Herrn Dr. *J. Lochner*, angerufen. Ich danke ihm auch an dieser Stelle herzlich für seine Mühe.

theoretische Wert Θ^* ist nach (7) um 1 größer als $\mathfrak{T}$ und in der dritten Spalte verzeichnet. Die vierte Spalte enthält die beobachteten Werte Θ^*, die folgendermaßen ermittelt wurden: Es wurden diejenigen Zahlen für t_2, denen Zahlen $t_1 > \mathfrak{T}$ entsprachen, der Größe nach geordnet. War ihre Anzahl ungerade, so galt die mittlere als beobachtetes Θ^*. War die Anzahl gerade, so wurden die zwei mittleren Zahlen aufgesucht und aus ihnen das arithmetische Mittel genommen. Die fünfte Spalte enthält die nach (6) berechnete Wahrscheinlichkeit in Prozenten dafür, daß, wenn ein Ereignis bei $\mathfrak{T}$ Gelegenheiten nicht eingetreten ist, man noch mehr als 50 weitere Gelegenheiten darauf warten muß, während in der letzten Spalte dieser Wert empirisch bestimmt ist. Sie enthält nämlich die Angabe des Prozentsatzes der Zahlen $t_2 > 50$ unter allen denjenigen, denen Zahlen $t_1 > \mathfrak{T}$ entsprechen.

Hier ist nun in der Tat ein leichtes Anwachsen der Zahlen $\Theta^*_{beob.}$ zu bemerken, aber dieses Anwachsen bleibt weit hinter dem gemäß Formel (7) zu erwartenden zurück. Insbesondere ist zunächst $\Theta^*_{beob.}$ nahezu konstant. Die mangelhafte Übereinstimmung wird nicht wundernehmen: Für kleinere $\mathfrak{T}$ nämlich ist die apriorische Wahrscheinlichkeit der Wahrscheinlichkeit $\mathfrak{p}$ noch von entscheidendem Einfluß. Aber (7) wurde gerade unter der Voraussetzung abgeleitet, alle möglichen Werte für $\mathfrak{p}$ von 0 bis 1 seien a priori gleich wahrscheinlich. Der Fehler, den man durch diese Annahme begeht, wird für kleinere $\mathfrak{T}$ am größten und verschwindet mit wachsendem $\mathfrak{T}$[11]).

Für größere $\mathfrak{T}$ muß der Einfluß der apriorischen Wahrscheinlichkeit zurücktreten, und wir dürften eine bessere Übereinstimmung mit (7) erwarten. Aber die zweite Spalte zeigt, daß für große $\mathfrak{T}$ unsere Statistik viel zu dürftig ist. So dürfen wir uns denn nicht wundern, wenn auch in diesem Gebiete die Formel (7) versagt[12]).

Ebensowenig kann, wie die letzte Spalte zeigt, die Statistik genügen, empirisch diejenigen Werte von Ψ zu erhalten, die sich theoretisch für den Fall gleicher apriorischer Wahrscheinlichkeit ergaben. Immerhin zeigt der Verlauf der beiden letzten Spalten einen ganz ähnlichen Verlauf. Darin, daß die berechneten Ψ-Werte dauernd unter den beobachteten liegen und nicht unregelmäßig um diese schwanken, erkennen wir einen systematischen Einfluß. Er kann nur in der Aprioriwahrscheinlichkeit liegen, deren Einfluß noch nicht zurückgetreten ist.

So sind wir noch nicht zu einer Bestätigung der Gleichung (6) gelangt. Die mitgeteilten Betrachtungen zeigen nur einen Weg, auf dem wir zu einer solchen gelangen würden. Ferner zeigt die Tabelle deutlich, daß überhaupt eine funktionale Abhängigkeit der Größe Θ^* von $\mathfrak{T}$ besteht, wenn diese auch nicht ohne besondere Annahmen anzugeben ist.

Entsprechendes muß auch für die in § 2 angestellten Überlegungen gelten. Für große T werden wir erwarten, die Beziehung $\Theta = T$ bestätigt zu finden. Die Abschätzung des täglichen Lebens, von der wir ausgingen, trifft also im wesentlichen das Richtige.

[11]) Der Fehler wird besonders groß für $\mathfrak{T} = 0$, wo wir über gar keine aposteriorische Erfahrung verfügen. Vgl. auch *E. Czuber*, Wahrscheinlichkeitsrechn. Bd. *I*, S. 208.

[12]) Man kann sagen: Für kleine $\mathfrak{T}$ gibt (6) gar nicht richtig die Wahrscheinlichkeit, mit der das Ereignis zu erwarten ist. Für große $\mathfrak{T}$ wird die Wahrscheinlichkeit zwar durch diese Formel richtig bestimmt, aber wir haben nicht so viel Fälle, daß sich in dem wirklichen Geschehen die Wahrscheinlichkeit wiederspiegeln könnte. Übrigens dürfte $\mathfrak{T} = 100$ noch als klein zu gelten haben, da sonst die beobachteten Werte nach beiden Seiten von den berechneten abweichen müßten. Wie unzuverlässig die letzten Zahlen sind, geht daraus hervor, daß 35½ bzw. 69½ als Mittelwert von 29 und 42 bzw. 55 und 84 entstanden sind. Alles das spricht nicht gegen die vorgeschlagene Methode, sondern nur gegen den Umfang, auf den wir uns hier beschränkt haben.

Besprechungen.

Wasman, D., Die Gastpflege der Ameisen, ihre biologischen und philosophischen Probleme. 234. Beitrag zur Kenntnis der Myrmecophilen und Termitophilen. Abh. z. theoret. Biologie, herausgegeben von *Dr. Julius Schaxel*. Heft 4. Berlin, Gebr. Borntträger, 1920. XVII, 176 S., 2 Taf. und 1 Abbild. im Text. Preis M. 20,—.

In dieser Schrift sind die Ergebnisse 35-jähriger Beobachtungen, Versuche und Studien des Verfassers aus dem interessantesten Teil seines Spezialgebietes kurz zusammengefaßt und nach einheitlichen Gesichtspunkten durchgearbeitet, um das Wesen *des echten Gastverhältnisses* (Symphilie) und die hauptsächlichen biologischen und philosophischen Probleme, die es enthält, aufzuklären. Die Pflege, welche die Ameisen bzw. die Termiten einer bestimmten biologischen Klasse unter ihren Nestgenossen den sogen. *echten Gästen* (Symphilen) zuwenden, ist nicht nur vom biologischen, sondern auch vom deszendenztheoretischen, psychologischen und naturphilosophischen Standpunkt aus eine der merkwürdigsten Erscheinungen unter allen tierischen Biocönosen. Insbesondere wird die höchstentwickelte und besterforschte Form der Symphilie, die Pflege der *Lomechusini* (Col. *Staphylinidae*) durch die psychisch hochstehende Ameisengattung *Formica* behandelt. Zwei autotyp. Doppeltafeln am Schlusse der Arbeit nach Originalaufnahmen des Verfassers erleichtern das Verständnis der betreffenden Formen.

Im *I. Teil* wird *das Wesen der Symphilie* erörtert durch Vergleichung derselben mit dem von *Wheeler* 1918 aufgestellten Begriff des Nahrungsaustausches (Trophallaxis) bei sozialen Insekten. Hier wird gezeigt, daß das echte Gastverhältnis nicht auf Nahrungsaustausch zwischen Gast und Wirt beruht, und daß die von *Wh.* versuchte Verallgemeinerung des Prinzips der Trophallaxis unhaltbar ist.

Der *II. Teil* beschäftigt sich mit den *Einwendungen*, welche *Wh.* gegen die Annahme erblicher, spezifisch begrenzter Gastpflegeinstinkte (*Symphilie-Instinkte*) erhoben hat. Auf Grund zahlreicher Beobachtungen zeigt der Verfasser, daß die *Existenz* spezifischer Symphilie-Instinkte der verschiedenen *Formica*-Arten und -Rassen für verschiedene Arten und Rassen der *Lomechusini eine feststehende biologische Tatsache* ist; also muß auch *die stammesgeschichtliche Entwicklung* solcher erblicher Instinktmodifikationen *möglich* gewesen sein. Sie ist aber nur denkbar auf Grund der Vererbung erworbener Eigenschaften. Die Unterschiede zwischen individuell erworbenen und erblich befestigten Instinktabänderungen der Ameisen im Verhalten gegenüber ihren Gästen werden hier dargelegt und der Versuch gemacht, durch eine trophische Hypothese zu erklären, wie durch ursprünglich individuelle Instinktmodifikationen jene Mutationen der Gene ausgelöst werden können, die als erblich gewordene Instinktabänderungen sich äußern. Aus der

Prüfung sämtlicher Einwände, welche *Wheeler* insbesondere gegen den auf *Lomechusa* bezüglichen erblichen Pflegeinstinkt von *Formica sanguinea* erhob, ergeben sich nicht nur neue Bestätigungen für die Existenz dieses Instinkts, sondern auch neue Gesichtspunkte zur Erklärung desselben.

Der *III. Teil* behandelt *das Alter des Gastverhältnisses der Lomechusini und insbesondere desjenigen von Lomechusa strumosa.* Die gegenwärtige ökologische Verteilung der *Lomechusini* auf ihre verschiedenen Wirtsarten wird in einer Tabelle zusammengefaßt und sodann aus den ökologischen und zoogeographischen Tatsachen mit Berücksichtigung der experimentell festgestellten „internationalen Beziehungen" der Ameisengäste der Nachweis geführt, daß der Stamm der *Lomechusini* ursprünglich durch Anpassung an die Gattung *Formica* entstanden sein muß. Die einwirtige Gattung *Lomechusa* ist daher als die älteste der drei Gattungen der *Lomechusini* anzusehen, während die doppelwirtigen Gattungen *Atemeles* und *Xenodusa* durch spätere Anpassungen an neue Käferwirte sich abzweigten.

Im *IV. Teil* werden vom biologischen Standpunkt aus die Fragen erörtert: *Warum haben sämtliche Lomechusini als Larvenwirte Formica, und wie entstand die Doppelwirtigkeit von Atemeles?* Die Tatsache, daß auch jene *Lomechusini*, die heute doppelwirtig sind, zur Larvenerziehung stets zu Formica zurückkehren, fordert nicht bloß eine stammesgeschichtliche, sondern auch eine biologische Erklärung. Daß nur bei *Formica* eine Larvenerziehung der *Lomechusini* stattfindet, wird hier aus der höheren psychischen Begabung von *Formica* gegenüber anderen Ameisengattungen erklärt; durch die höhere Plastizität ihres Brutpflegeinstinktes konnten bei Formica spezifische Adoptionsinstinkte zur Pflege der Larven bestimmter *Lomechusini* sich entwickeln. Auch die Entstehung der Doppelwirtigkeit von *Atemeles* wird an der Hand der Beobachtungstatsachen auf biologische Gesichtspunkte zurückgeführt.

Die stammesgeschichtliche Entwicklung der Symphilie ist von doppelter Seite zu betrachten: von seiten der Gäste und von seiten der Wirte. In ersterer Beziehung umschließt sie die Entwicklung der somatisch-psychischen Anpassungscharaktere der Symphilen, in letzterer Hinsicht die Entwicklung der entsprechenden Symphilie-Instinkte ihrer Wirte. Diesen Fragen wenden sich die folgenden Abschnitte der Arbeit zu.

Der *V. Teil: Die inneren und äußeren Entwicklungsfaktoren der symphilen Anpassungscharaktere,* befaßt sich mit dem ersten jener beiden Probleme. Als *innere* Ursache der Entwicklung der morphologischen und instinktiven Anpassungen der Gäste betrachtet der Verfasser mit *Wheeler* die adaptive Mutabilität der Stammformen. In bezug auf die *äußeren* Faktoren weicht er jedoch von *Wh.* ab, der nur den Fortfall der Naturzüchtung für die spontane Entwicklung jener Anpassungscharaktere verantwortlich machen wollte. Verfasser schließt die Naturalselektion bei der Entwicklung der Symphilie auf seiten der Gäste nicht so unbedingt aus wie *Wh.*, weist ihr aber nur eine untergeordnete Bedeutung zu im Vergleich zu jenen positiven Entwicklungsursachen, die er für die eigentlichen Regulatoren jener Entwicklung ansieht: *die Amikalselektion und die funktionelle Reizwirkung.* Der Begriff der Amikalselektion und die Beweise für ihre Existenz werden gegenüber *Wh's.* Einwendungen klargelegt. In inniger Verbindung mit der Amikalselektion steht die aktive Reizwirkung, welche die Wirte auf die Entwicklung der symphilen Anpassungscharaktere ihrer Gäste ausüben. Diese Reizwirkung ist teils eine direkte (durch die Beleckung), teils eine indirekte (durch die Fütterung). Aus diesen Erörterungen über die äußeren Entwicklungsursachen der Symphilie zieht der Verfasser den Schluß: Die echten Ameisengäste und Termitengäste sind *ein Züchtungsprodukt der Symphilie-Instinkte* ihrer Wirte vermittelst der Amikalselektion und der funktionellen Reizwirkung. (Vgl. auch im VII. Teil S. 103 ff.)

Die folgenden Kapitel behandeln die Symphilie auf seiten der Wirte, also die Entwicklung der *Symphilie-Instinkte.* Hier treten die biologischen Probleme in noch innigere Berührung mit den philosophischen.

Im *VI. Teil* wird *die fremddienliche Zweckmäßigkeit in der Gastpflege der Ameisen* besprochen. Im Anschluß an *E. Bechers* Unterscheidung zwischen selbstdienlicher, artdienlicher und fremddienlicher Zweckmäßigkeit wird hier gezeigt, daß die fremddienliche Zweckmäßigkeit der Gastpflegeinstinkte eine biologische Tatsache ist. Insbesondere bei der Pflege der *Lomechusini* durch *Formica* ist der Nutzen nur auf seiten der Gäste, während die Wirtskolonien durch die adoptive Brutpflege sogar geschädigt werden. Ein Vergleich mit dem Brutparasitismus des Kuckucks beleuchtet sowohl die Ähnlichkeit wie die Verschiedenheit beider Erscheinungen.

Der *VII. Teil* forscht nach der *Entstehung der fremddienlichen Gastpflegeinstinkte.* Die Naturzüchtung erweist sich als ohnmächtig zu ihrer Erklärung. Die innere Ursache ihrer Entwicklung ist in der psychischen Plastizität der Wirte zu suchen, indem durch individuelle Modifikationen ihres Verhaltens gegenüber den Gästen erbliche Mutationen der Instinktanlage ausgelöst wurden. Als äußere Reize für die steigende Entwicklung der Symphilie-Instinkte dienten die angenehmen Geschmackserfahrungen, welche die Wirte an ihren Gästen machten, und welche sich mit den symphilen Anpassungscharakteren der letzteren steigerten. Die individuelle Naschhaftigkeit der Ameisen ist jedoch ganz unzulänglich als adäquate Ursache des Ursprungs und der Entwicklung spezifischer Symphilie-Instinkte: sowohl für die Entstehung der normalen wie der adoptiven Brutpflege müssen wir eine gesetzmäßige Ordnung der Triebe der sozialen Insekten annehmen, durch welche die Betätigung der individuellen Naschhaftigkeit geregelt wird.

Der *VIII. Teil* führt endlich zu *den philosophischen Problemen in der Gastpflege der Ameisen.* Zunächst betont Verfasser den innigen Zusammenhang der biologischen mit der philosophischen Betrachtungsweise, welche die übersinnlichen Beziehungen zwischen den sinnlich wahrnehmbaren Erscheinungen erforscht. An erster Stelle stellt sich uns die Entwicklung der Symphilie-Instinkte als ein Problem der Tierpsychologie dar. Hier wird der Instinktbegriff erörtert und eine Analyse der psychologischen Komplexe „Lomechusa" und „Lomechusalarve" vom Standpunkt der Sinneswahrnehmung der Ameise aus versucht. In letzter Linie führt uns die Entwicklung der Symphilie-Instinkte endlich zur Frage: wie ist die gesetzmäßige Ordnung zwischen der selbstdienlichen, der artdienlichen und der fremddienlichen Zweckmäßigkeit in den Gastpflegeinstinkten zu erklären? Jene Ordnung kann nur auf einer höheren Weisheit beruhen, welche die Naturgesetze gegeben und harmonisch geordnet hat. Diese höhere Weisheit kann aber nur entweder monistisch oder theistisch gedacht werden. Auf Grund sorg-

fältiger Erwägungen entscheidet sich der Verfasser für die theistische Auffassung.

Um die Übersicht über die in dieser Schrift behandelten Tatsachen und Probleme zu erleichtern, ist nicht nur am Beginn eine ausführliche Inhaltsübersicht beigefügt, sondern am Schlusse auch ein genaues Sachregister, das in Verbindung mit dem Literaturverzeichnis einen Einblick in das Beweismaterial ermöglicht, das in zahlreichen früheren Arbeiten des Verfassers enthalten ist. *Selbstanzeige.*

Das Pflanzenreich (Regni vegetabilis conspectus), im Auftrage der Preußischen Akademie der Wissenschaften herausgegeben von *A. Engler*. Heft *68*. Euphorbiaceae — Acalypheae — Plukenetiinae — Epiprininae und — Ricininae (134 pp. mit 143 Einzelbildern in 29 Fig.), Euphorbiaceae — Dalechampieae (59 pp. mit 33 Einzelbildern in 9 Fig.), Euphorbiaceae — Pereae (13 pp. mit 11 Einzelbildern in 2 Fig.) und Euphorbiaceae — Additamentum VI (81 pp.), von *F. Pax* und *Käthe Hoffmann*. Daphniphyllaceae (16 pp., mit 5 Einzelbildern in 1 Fig.) von *Käthe Rosenthal*. Leipzig, W. Engelmann, 1919; geh. 32,— M. — Heft *69*. Saxifragaceae — Saxifraga II (p. 449—709 mit 228 Einzelbildern in 24 Fig. und 47 pp. Pars generalis mit 53 Einzelbildern in 4 Fig.), von *A. Engler* und *E. Irmscher*. 1919. Preis geh. M. 40,—. — Heft *70*. Cruciferae — Brassiceae, Subtribus I. Brassicinae und II. Raphaninae (290 pp., mit 248 Einzelbildern in 35 Fig.) von *O. E. Schulz*. 1919. Preis geh. M. 42,—. — Heft *71*. Additamentum ad Araceas-Philodendroideas von *A. Engler* und Araceae — Colocasioideae von *A. Engler* und *K. Krause* (139 pp., mit 288 Einzelbildern in 29 Fig.). 1920. Preis geh. M. 30,—.

Es ist mit lebhafter Freude zu begrüßen, daß, wie die vorliegenden stattlichen Hefte zeigen, das großangelegte, durch *A. Engler* ins Leben gerufene und unter seiner Leitung erscheinende Werk, das, in seiner Art einzig dastehend, einen unvergänglichen Ruhmestitel deutscher wissenschaftlicher Arbeit darstellt, trotz der schwierigen Zeitverhältnisse rüstig voranschreitet und die während des Krieges in seinem Erscheinen notgedrungen eingetretene Verlangsamung nun überwunden ist. Drei der neu erschienenen Hefte enthalten die Fortsetzungen von Monographien, die bereits in früheren Heften begonnen waren. Von ihnen fesselt in erster Linie die Vollendung der von *Engler* gemeinsam mit seinem Schüler *Irmscher* bearbeiteten Monographie der Gattung Saxifraga, die man mit vollem Recht als Krönung der Arbeit eines ganzen Forscherlebens bezeichnen kann; außer der speziellen Darstellung der Arten Nr. 234 bis 302, einigen Nachträgen und dem umfangreichen Register enthält sie den allgemeinen Teil, in welchem neben der Übersicht über die morphologischen, anatomischen und blütenbiologischen Verhältnisse der Gattung vor allem die eingehende Gesamtdarstellung der pflanzengeographischen Verbreitung (Übersicht über die Verbreitungsverhältnisse der einzelnen Sektionen und über den Anteil der Steinbrecharten an der Charakteristik der einzelnen Florenreiche und Florengebiete) interessiert und der zum Schluß die Stellung der Gattung innerhalb der Familie und ihre Abgrenzung gegen die verwandten Formenkreise behandelt. — Gleichfalls *Engler* (mit Unterstützung seines Schülers *K. Krause*) zum Verfasser hat die Monographie der Araceen, die mit dem vorliegenden Heft ihrem Abschluß nahe rückt; die behandelte Unterfamilie ist ausschließlich tropisch, wobei, wie auch in den meisten anderen Gruppen der Familie, die Gattungen scharf nach den Erdteilen geschieden sind; einige Arten sind wegen ihres reichen Gehaltes an Stärke in ihren axialen Teilen resp. Knollen wichtige Nahrungsmittel der tropischen Länder, außerdem stellen Arten von *Caladium* geschätzte Blattpflanzen unserer Gewächshäuser dar. — Auch die von *Pax* bearbeitete Monographie der Euphorbiaceen ist bereits weit vorgeschritten, so daß auch sie in absehbarer Zeit zur Vollendung gelangen dürfte; von den im 68. Heft behandelten Untergruppen sind die Acalypheae-Plukenetiinae die umfangreichste mit nicht weniger als 19 Gattungen, deren Areal fast ganz innerhalb des Tropengürtels gelegen ist und deren gegenseitige phylogenetische Beziehungen eingehend zur Darstellung gelangen. Für jede der behandelten Gruppen wird eine kurze allgemeine Übersicht über Morphologie, Verbreitung usw. gegeben; für die Systematik der Familie von besonderer Bedeutung ist aber die in dem Additamentum VI entwickelte Neueinteilung der Unterfamilie der Crotonoideae, in welcher der durch die Durcharbeitung derselben gewonnene Einblick in die verwandtschaftlichen Beziehungen der einzelnen Gruppen zueinander zur Begründung eines neuen Systems der Familie in zusammenfassender Weise verwertet wird. Die am Schluß des Heftes behandelte kleine Familie der Daphniphyllaceae (nur eine Gattung mit 24 im südöstlichen Asien heimischen Arten) ist mit den Euphorbiaceen nahe verwandt und wurde bisher meist denselben zugerechnet; die Unterschiede, auf Grund deren ihre Abtrennung erfolgt, liegen vorzugsweise in den embryologischen Verhältnissen. — Endlich wird mit dem 70. Heft die erste Bresche gelegt in die ebenso große wie schwierige Familie der Cruciferen, von der die beiden ersten Subtribus der Brassiceae zur Bearbeitung gelangen; ein erhöhtes Interesse kommt denselben schon im Hinblick auf die Frage nach der Herkunft gewisser uralter Kulturpflanzen (Kohl, Raps, Senf, Rettich und Radieschen) zu, doch ermangelt die Gruppe auch sonst nicht des wissenschaftlichen Interesses sowohl in systematischer Hinsicht, wobei die Abgrenzung der Gattungen nicht geringe Schwierigkeiten bereitet, wie auch in pflanzengeographischer Beziehung; was den letzteren Punkt angeht, so gehören die Brassiceen vornehmlich der Flora des Mediterrangebietes an. — Zum Schluß sei noch auf die wie immer reichhaltige und vortreffliche illustrative Ausstattung der vorliegenden Hefte hingewiesen, die teils Habitusbilder, teils vergrößerte Darstellungen systematisch wichtiger Teile der Pflanzen bringt.

W. Wangerin, Danzig-Langfuhr.

Zuschriften an die Herausgeber.

Über den Geruch brechenden Gesteins.

Die jüngst in dieser Zeitschrift (1919, S. 459 und 1920, S. 496) besprochenen Geruchserscheinungen beim Aneinanderschlagen von Feuerstein bzw. bei Steinschlag im Hochgebirge seien im folgenden durch einige Beobachtungen aus eigener Erfahrung ergänzt: Geruchswahrnehmungen bei brechendem Gestein sind eine ziemlich häufige Tatsache. Ich beobachtete sie im kleinen beim Schlagen von Handstücken wie im großen bei Massenbewegungen und möchte sie folgendermaßen klassifizieren:

1. *Staubgeruch.* Plötzliche Massenumlagerungen von festem Gestein rufen häufig Geruchsempfindungen hervor, die weder brenzlich noch schwefelartig

sind, bei denen es vielmehr schlechthin nach Staub riecht. Ich erinnere mich solcher Fälle in betreff von Sedimentgestein in Steinbrüchen und beim Einstürzen von Kriegsruinen unter der Gewalt heftigen Windes. Aller Wahrscheinlichkeit nach handelt es sich dabei um feinsten Gesteinsstaub, der, auf die geruchsempfindende Schleimhaut gebracht, sich löst und so Geruchsempfindungen hervorbringt; ist doch auch der Staub ganz allgemein, abgesehen von seiner mechanischen Reizwirkung, zur Erzeugung von Geruchs- wie Geschmacksempfindungen befähigt. In erster Linie würden tonige und mergelige Gesteine sowie gewisse Kalke und Sandsteine geeignet sein. Kristallinische Gesteine, quarzitische Sandsteine und dergleichen dürften zu Wahrnehmungen dieser Art seltener Anlaß geben.

2. *Versengungsgeruch.* Beim Schlagen von Handstücken aus natürlich anstehendem, nicht künstlich aufgeschlossenem kristallinischen Gestein im südlichen Schwarzwald fiel mir oft ein eigentümlicher Geruch von solcher Intensität auf, daß ich der Erscheinung unwillkürlich Beachtung schenkte. Er erinnerte am meisten an den beim Beschlagen von Pferden wahrnehmbaren unangenehmen durch Verbrennen von Horn hervorgerufenen Geruch und verging rasch. Da es sich um stark zerklüftete und angewitterte von Flechten besiedelte Gesteine handelte, hängt der Geruch wahrscheinlich mit deren Versengung beim Schlagen zusammen, beruht also auf der Verbrennung organischer Materie. Hiermit würde in Einklang stehen, daß — wenn ich meiner Erinnerung trauen darf — diese Art von Geruch beim Schlagen unangewitterten Gesteins im Steinbruche nicht vorkommt.

3. *Fauliger Geruch.* Solche Empfindungen sind bekanntlich beim Schlagen bituminöser Gesteine nicht selten. Sie haben zu Bezeichnungen wie „Stinkstein", „Stinkkalk" usw. Anlaß gegeben und drängen sich gelegentlich unangenehm auf. Ein typisches Beispiel bieten die schwarzen fossilreichen karbonischen Korallenkalke des Maastals oberhalb Namur. Der Geruch ist nachhaltig; er wird nicht nur durch abgesprengte, staubförmige Teilchen, sondern auch durch gasförmige Luftbeimengungen von Bitumen vermittelt. Demgemäß zeigen gerade frische, unangewitterte Bruchflächen die Erscheinung, während sie der Luft ausgesetzten abgeht oder doch in geringerem Maße eigen ist.

4. *Chemischer Geruch.* Mit diesem nicht ganz korrekten, doch nicht mißverständlichen Namen möchte ich eine Empfindung bezeichnen, die nichts mit den am Gestein (1) bzw. an normalen Fremdkörpern derselben (2, 3) haftenden Gerüchen zu tun hat, sondern ganz fremdartig ist, an die Luft chemischer Laboratorien erinnert und von einem Stoffe auszugehen scheint, der unter der Wirkung des Bruches neugebildet wird. Hierzu ein Beispiel aus dem Felde. Ende August 1918 befand ich mich mit meiner Truppe während eines feindlichen Angriffes in einem im eozänen Grobkalk angelegten unterirdischen Steinbruche südlich Noyon. Dieses von einer mehrere Meter mächtigen Gesteinsdecke bedeckte Höhlenlabyrinth lag unter heftigem Artilleriefeuer, welches zwar keine unmittelbare Wirkung zu entfalten vermochte, aber doch eine solche Erschütterung der weitgespannten Hallen hervorrief, daß das Gestein in vielen Kubikmetern herabstürzte. Diese Massenumlagerung ging nun mit einem intensiven Geruche einher, der schwer zu beschreiben ist, der aber dadurch gut charakterisiert wird, daß die zahlreichen Insassen der Höhle wie auf Kommando die Gasmasken anlegten. Die Anwesenheit eines Kampf- oder Explosionsgases war bei der Unversehrtheit des Luftabschlusses und der großen Entfernung des überdies halb verschütteten Einganges, wie auch nach den später erhobenen Befunden ausgeschlossen. Auch in der Höhle selbst konnten sich ähnliche Gase nicht entwickelt haben. Es konnte daher die Quelle des Geruches nur im Gestein liegen. Staubgeruch war sicher mit im Spiel, stand aber nicht im Vordergrunde der Erscheinung, fauligen schlossen Gesteinsbeschaffenheit und Art der Empfindung aus, desgleichen konnte Versengungsgeruch bei der völlig der Verwitterung entzogenen Felsfläche nicht in Frage kommen. Es liegt demnach die angedeutete Erklärungsmöglichkeit nahe. Bei dem niederbrechenden Grobkalk handelte es sich in der Hauptsache um die durch die riesigen Cerithium giganteum ausgezeichneten mittleren Horizonte. Welche mineralischen Beimengungen etwa durch Verbrennung einen dem Gestein fremden Geruch hätten erzeugen können, entzieht sich meiner Beurteilung. Eine Imprägnation mit Pyrit, die einen „Schwefelgestank" hervorbringen kann, ist auch beim Kalkgestein nicht ausgeschlossen.

Vergleiche ich meine Beobachtungen mit denen *Smekals*, so möchte ich dessen „brenzlichen Geruch", soweit Flechten im Spiel sind, mit dem Versengungsgeruche, den mit der Verbrennung von Pyrit in Zusammenhang gebrachten „Schwefelgestank" mit dem „chemischen Geruche" identifizieren, die Geruchserscheinungen beim Bergsturze am Hündstein aber neben die in dem Steinbruche beobachteten stellen. Die verschiedene Qualität der Gerüche im einzelnen Falle würde ich aus der Verschiedenheit der Quelle erklären: Staubgeruch ist — wie gesagt — hauptsächlich, fauliger ausschließlich, an Sedimentgesteine — im letzten Falle an ganz bestimmte — geknüpft; zu Versengungsgeruch können beiderlei Gesteine Anlaß geben, desgleichen zu chemischem Geruche. Da der Versengungsgeruch nur aus oberflächlichen Lagen stammen kann, alle anderen Arten aber in der gesamten Gesteinsmasse wurzeln, ergibt sich, daß jener gewöhnlich die Folge kleiner Umlagerungen (Steinschlag), diese aber die Begleiteinheitserscheinungen von Massenumlagerungen sein werden. Endlich kann, wie das unter 4 angeführte Beispiel zeigt, die Geruchsempfindug eine zusammengesetzte und jeweils verschieden abgestufte sein.

Für die Erklärung der jeweiligen Wahrnehmung ergibt sich also die Notwendigkeit möglichst genauer Analyse des Geruches — ob staubartig, versengt, faulig chemisch, gemischt, aus welchen Arten und in welchem Verhältnis, ob stark oder schwach, kurzdauernd oder nachhaltig, ob an kleine oder Massenumlagerungen geknüpft und genauer Bestimmung der Gesteine und seiner petrographisch-chemischen Beschaffenheit. Die Lösung der Frage wird bei der mangelnden Möglichkeit objektiver Feststellung der Geruchsempfindung und wegen der meist vorliegenden Gefährdung des Beobachters nicht immer leicht, oft unmöglich sein. Immerhin verspricht die systematische Verfolgung der hier von verschiedenen Seiten aufgerollten Frage mit der Zeit eine wichtige Bereicherung der geophysikalischen, petrographischen wie physiologischen Erkenntnis.

Belzig i. M., den 11. Juli 1920. *B. Brandt.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

LIBRARY
RECEIVED
OCT 21 1920
U. S. Department of

Heft 35. (Seite 691—714) **27. August 1920.** Achter Jahrgang.

INHALT:

Zwischen zwei Zeitaltern. Von *Victor Goldschmidt, Kristiania.* (Mit 2 Abbildungen.) S. 691.

Über die Rolle der Milchsäure in der Energetik des Muskels. Von *Otto Meyerhof, Kiel.* S. 696.

Besprechungen:

Giua, Michele und Clara Giua-Lollini, Combinazioni chimiche fra metalli. Von *J. Koppel, Berlin-Pankow.* S. 704.

Giua, Michele, Chimica delle sostanze esplosive. Von *J. Koppel, Berlin-Pankow.* S. 704.

Bianchi, Umberto, Il Selenio. Von *A. Korn, Berlin-Charlottenburg.* S. 705.

Oppenheimer, Carl, Kleines Wörterbuch der Biochemie und Pharmakologie. Von *P. Junkersdorf, Bonn.* S. 705.

Der derzeitige Stand der Anschauungen über die Ursachen der Gebirgsbildung. Von *B. Brandt, Belzig i. d. M.* S. 705.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten: S. 709—714.

Über die Grundlagen der statistischen Mechanik. Die Messung sehr kurzer Zeiten (mit 1 Abbildung). Über die Anwendung der Verschiebungsregel auf gleichzeitig α- und β-Strahlen aussendende Substanzen. Das Rätsel der Lößbildung. Schlammschichtung in Süßwasserseen. Tiefenfauna und Schlammschichtung. Die Besiedlung der Tiefe von Süßwasserseen. The Prevention and Destruction of Rats. Die Auspuffgase von Azetylenmotoren.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Nach Fertigstellung eines unveränderten Nachdruckes ist wieder lieferbar:

Verjüngung

durch experimentelle Neubelebung der alternden Pubertätsdrüse

Von Dr. med. et phil. h. c.

E. Steinach

o. ö. Universitäts-Professor und Vorstand an der Biologischen Versuchsanstalt der Akademie der Wissenschaften in Wien

Mit 7 Textabbildungen und 9 Tafeln

Preis M. 28.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 26.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser, Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co. G. m. b. H. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang — *Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.* / *Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche* / *Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)*
Berlin

Die Naturwissenschaften
1915, 1916
zu Kaufen gesucht. (167
Angeb. unt. **Nw. 167** an die Exp. dies. Ztschr. erbeten.

ISIS
International Quarterly Devoted to the History of Science and Civilization
Edited by
George Sarton and Charles Singer
Jede Nummer enthält einen Leitartikel, Originalbeiträge, kürzere Mitteilungen, einen Ueberblick über die wichtigsten Bücher und hauptsächlich eine kritische Bibliographie der Publikationen auf den Gebieten der Geschichte und Philosophie der Wissenschaft und über Kulturgeschichte.
Bücher und Zeitschriften über Medizin und Biologie sind zu senden an Charles Singer, Westbury Lodge, Oxford, England; alles übrige an George Sarton, Harward University, Cambridge, Mass., U. S. A.
Preise: Bd. I M. 75.—, Bd. II M. 45.—, Bd. III M. 45.—; Luxusausgabe von Bd. II an je M. 75.—
Diejenigen, die an einen neuen Aufbau internationaler kultureller Beziehungen glauben, sollten auf die „Isis" subskribieren.
Verlag **Paul Haupt** Akadem. Buchhandlung vorm. Max Drechsel **Bern**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

In diesen Tag n erscheint:

Das Schmerzproblem

Von

Dr. **A. Goldscheider**

Geheimer Medizinalrat, o. Professor und Direktor der III. Medizinischen Klinik der Universität Berlin

Preis M. 10.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 27. August 1920. Heft 35.

Zwischen zwei Zeitaltern[1]).

Von Victor Goldschmidt, Kristiania.

Unter den Problemen, die während des Weltkrieges eine besondere Bedeutung erlangt haben, ist das Problem der Rohstoffversorgung eines der interessantesten. Außer dem Interesse, das sich hier an die Forderung des Tages, an das unmittelbare Bedürfnis knüpft, ist die Bedeutung der Rohstoffprobleme viel weitergehend durch den engen Zusammenhang mit grundlegenden Problemen in der Kulturentwicklung der Menschen. Empfingen doch die verschiedenen Zeitalter in der Entwicklung der Menschheit ihr Gepräge durch die Beziehungen der Menschen zu den Rohstoffen, ganz speziell denjenigen Rohstoffen, die der anorganischen Natur entstammen.

In den ältesten Zeiten, den Zeiten, die zu den speziellen Arbeitsgebieten der Archäologen gehören, waren bereits Rohstoffprobleme von Bedeutung. Schon zur Steinzeit wußte man, daß sich nicht alle Steine zur Herstellung von Werkzeugen eignen; die Steinzeitleute hatten schon Verständnis für die verschiedene mechanische Brauchbarkeit der Gesteinsarten, und sie trafen ihre Wahl mit großer Sachkenntnis. Ich brauche hier nur an die Entdeckung der hervorragenden mechanischen Eigenschaften von Feuerstein und Nephrit zu erinnern. Übrigens sind schon aus dieser Zeit Beispiele von Surrogatstoffen bekannt.

Aber die Besonderheit, die während der Steinzeit das Verhältnis der Menschen zu den anorganischen Rohstoffen charakterisierte, lag in der Anwendung der Rohstoffe ohne jede Veredelung, in der Beschaffenheit, in der die Natur sie hervorbrachte. Zwar verstand man, einem Stein die geeignetste äußere Form zur Verwendung als Messer oder als Axt zu geben, aber man benutzte den Stein als den Stein, der er war; die Veredelung der Rohstoffe war noch vollkommen unbekannt.

Der große Kulturfortschritt, der das nächste Zeitalter kennzeichnet, liegt in der Veredelung der anorganischen Rohstoffe, in der Erfindung, aus gewissen Steinarten schwere Metalle darzustellen, die sich weit besser als irgendein Stein zur Herstellung nützlicher Gerätschaften eignen. Wir wissen, Kupfer und Bronce, die Legierung von Kupfer und Zinn, gaben der ersten Stufe des nächsten Zeitalters ihr Gepräge. Das Kupfer war das Metall, das man in jenen alten Zeiten am leichtesten aus den Erzen darstellen konnte. Eine wirklich allgemeine Metallkultur konnte indessen erst entstehen, als man lernte, ein Metall darzustellen, dessen Rohstoffe weit verbreiteter als die der Bronce sind, erst als man die große Kunst lernte, Eisen darzustellen.

Die Gewinnung der Schwermetalle und die Darstellung ihrer Legierungen hat seitdem das ganze Kulturdasein des Menschen gekennzeichnet, von damals bis zu unseren Tagen. Es sind die Metalle: Eisen, Kupfer, Blei, Zinn und einige wenige andere, die jener Kultur ihr Merkmal verliehen. Und es ist beachtenswert, daß in bezug auf materielle Kultur zwischen den alten Römern und den Menschen zu Anfang des neunzehnten Jahrhunderts ein verhältnismäßig geringer Unterschied besteht. Man braucht dieselben Rohstoffe, die gleichen Metalle sind die hauptsächlich verwendetsten, ohne daß man in jenem Zeitraum von mehreren tausend Jahren eine durchgreifende Veränderung in bezug auf Rohstoffverbrauch und Rohstoffveredelung nachweisen kann.

Auch das Verhältnis zur Ökonomie der Rohstoffe ist ungefähr das gleiche während dieser ganzen Periode im Zeitalter der Schwermetalle. In „der guten alten Zeit“ brauchte man sich keinen Sorgen darüber hinzugeben, ob die Rohstoffe für den menschlichen Bedarf ausreichen würden. Die jährliche Gewinnung der Metalle war gering und ziemlich gleichbleibend. War ein Vorkommen von Rohstoffen erschöpft, so fanden sich eben andere, die an dessen Stelle traten, und man konnte als sicher annehmen, daß sich Rohstoffe genug für den ganzen menschlichen Bedarf fänden. Bedeutenden Schwankungen unterworfen waren nur die edlen Metalle: Gold und Silber, bei denen die Transportkosten keine wesentliche Rolle spielen, so daß die Entdeckung von Vorkommen in überseeischen Ländern von wesentlicher Bedeutung für die Wirtschaftsgeschichte des Goldes und des Silbers werden konnte.

Dieser Zustand, bei dem sich die Rohstoffverwertung innerhalb enger Grenzen hielt, die nur gerade den notwendigsten Bedarf bei einer in materieller Beziehung stagnierenden oder — genauer betrachtet — stabilen Kultur deckten, währte bis gegen die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts. Aber von diesem Zeitpunkt an begegnen wir einer durchgreifenden Veränderung im Verhältnis des Menschen zu den Rohstoffen. Auf so gut wie allen Gebieten setzt eine erhöhte Produktion und ein erhöhter Verbrauch ein.

Unsere Kurven zeigen dies in bezug auf eine Reihe wichtiger Metalle und anderer Rohstoffe.

[1]) Zuerst gedruckt in der norwegischen Zeitschrift Samtiden 1918 unter dem Titel: Mellem to Aidsaldre.

Wir sehen die plötzliche und beständig wachsende Produktionssteigerung für Eisen, für Kupfer und Zinn; wir sehen, daß dieselbe Steigerung auch für nichtmetallische Rohstoffe gilt, so bei den drei wichtigsten Landwirtschaftsrohstoffen: Salpeter, Phosphat, Kali. Auch die Kohle ist dem gleichen Gesetz unterworfen. Und ungefähr dasselbe Wachstum sehen wir auch bei dem Golde.

Darum wurde in den letzten Jahren — schon eine geraume Zeit vor dem Kriege — die

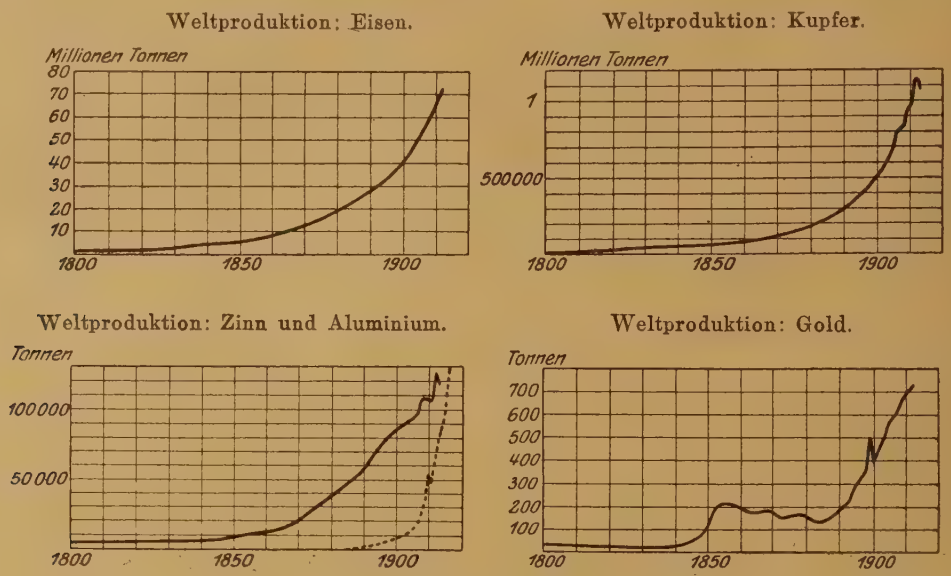


Fig. 1. Die Weltproduktion einiger wichtiger Metalle zwischen 1800 und 1914 in metrischen Tonnen (à 1000 kg).

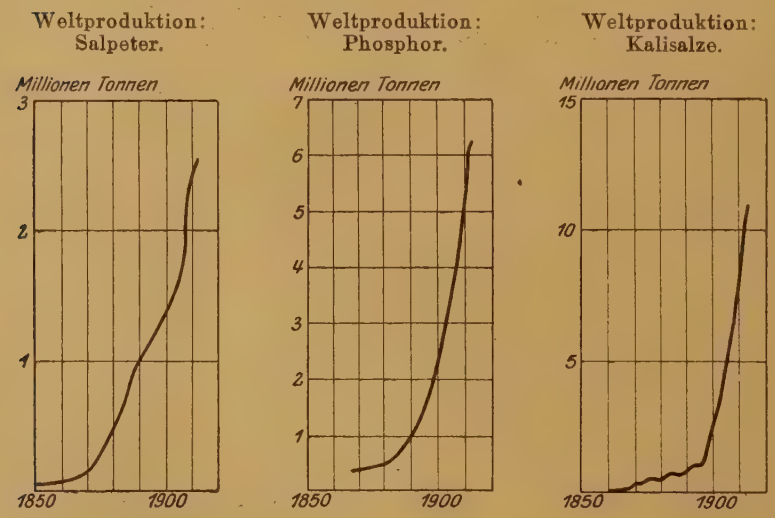


Fig. 2. Die Weltproduktion der drei Landwirtschaftsrohstoffe zwischen 1850 und 1914.

Die Ursache der Produktionssteigerung aller Rohstoffe ist — unter anderem — die Verbesserung der Transportmittel, welche die Ausnutzung auch solcher Vorkommen ermöglichte, die den Verbrauchsstellen fern liegen.

Und nun ist die bedeutungsvolle Frage: Werden jene Rohstoffvorkommen, welche die Grundlage für das Kulturleben der Gegenwart bilden, eine derartige Inanspruchnahme ertragen, oder zehren wir von einem Kapital, das unersetzlich ist? Ist vielleicht die Richtungsänderung, welche die Produktionskurven gegen 1850 zeigen, der Anfang vom Ende jener Kulturperiode, in der unsere Vorväter lebten?

Frage dringlich: Wie große Bestände haben wir von denjenigen Rohstoffen, auf denen unser Kulturleben beruht; können wir mit gutem Gewissen so fortwirtschaften, wie wir seit 1850 gewirtschaftet haben, oder müssen wir rationieren? Schon die bloße Tatsache, daß solche Fragen gestellt und aufs eingehendste von den Sachverständigen erörtert werden, ist ein Symptom, daß

die Rohstoffbestände der Welt nicht unbegrenzt sind.

Wir können die Frage nach den Reserven natürlich nicht für alle Rohstoffe generell beantworten. Für die verschiedenen Rohstoffe stellt sich die Sache sehr verschieden. Einzelne Rohstoffe werden wahrscheinlich in verhältnismäßig kurzer Zeit verbraucht sein, insbesondere scheint dies für Zinn und Platin zu gelten. Ebenso gibt das Phosphat, der Rohstoff, der vielleicht für die Landwirtschaft der wichtigste ist, manchen Grund zur Sorge, weil man nach wenigen Menschenaltern darauf angewiesen sein wird, den Rohstoff aus ungünstig gelegenen, z. T. auch armen Vorkommen zu beziehen, was natürlich alle Phosphatprodukte in hohem Grade verteuern muß. Auch für das Eisen sind die Aussichten nicht ganz ungetrübt; so begegnet man der Anschauung, daß die besten Eisenvorkommen, auf denen die heutige Produktion beruht, in hundert Jahren erschöpft sein werden; hier eröffnen sich indessen auch andere Möglichkeiten. Hingegen sind die Steinkohlenlager wahrscheinlich noch für den Verbrauch mehrerer Jahrhunderte ausreichend. Daß die Vorkommen des Chilisalpeters nicht unerschöpfliche sind, ist allgemein bekannt; doch wird auf diesem Gebiet wohl niemals ein Notstand eintreten, dank den Erfindungen, welche die Ausnutzung des Stickstoffs der Luft zu Düngezwecken ermöglichen.

Betrachten wir die steigenden Kurven in der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts und bis zur Zeit vor dem Kriege, so finden wir eine Verdoppelung der Produktion jedes einzelnen Rohstoffes im Laufe sehr kurzer Perioden. Anfangs betragen sie etwa zwanzig Jahre, späterhin aber werden sie beständig kürzer, eine Tatsache, auf die man schon frühzeitig aufmerksam wurde. Denken wir uns nun die gleiche geometrische Progression weiter fortgesetzt, mit beständiger Verdoppelung der Produktion in Perioden von je zwanzig Jahren oder gar noch schneller, so verstehen wir, daß dies zu ungeheuerlichen Konsequenzen führen würde. Wir kennen das berühmte Rechenexempel, die beständige Verdoppelung der Weizenkörner auf dem Schachbrett, die schnell zu enormen Zahlen führte. Das gleiche muß natürlich auch hier gelten, und als Schlußfolgerung ergibt sich, daß die Produktionssteigerung, die vor etwa siebzig Jahren einsetzte, unmöglich in fernere Zukunft hineinreichen kann, ohne zu einer vollständigen Vernichtung selbst der reichsten Rohstoffvorkommen zu führen.

Wir können also mit Sicherheit voraussagen, daß der moderne Typus der Produktionskurve, derjenige Typus, der in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts seinen Anfang nimmt, unmöglich zu einem dauernden Phänomen werden kann. Früher oder später wird die Kurve wieder umbiegen, flacher und flacher verlaufen, möglicherweise ganz horizontal, oder sogar absteigend, sobald die Neigung zur Verbrauchssteigerung durch die zunehmende Seltenheit der Rohstoffe gebändigt wird. Und sind wir erst beim nächsten Wendepunkt der Kurve angelangt, der gleichbedeutend mit der Rationierung der alten Rohstoffe ist, mit einer ganz neuen Auffassung der Ökonomie der Kulturgrundlagen, so sind wir damit in ökonomischer Hinsicht in ein ganz neues Zeitalter hinübergeglitten.

Schon in den letzten Jahren vor dem Kriege bedurfte es großer Bemühungen, um die Produktionssteigerungen im Flusse zu erhalten. Wir sahen, wie Betriebe, deren ursprüngliche Rohstoffquellen versiegten, sich an ferne und fernere Länder wenden mußten, um ihr Rohstoffbedürfnis zu befriedigen, beispielsweise wie so viele europäische Zinkwerke — nachdem ihre ursprünglichen Produktionsquellen versiegt waren — ihr Roherz aus Australien oder Südafrika holen mußten.

Man kann wohl sagen, daß die technische und ökonomische Entwicklung in den letzten zwanzig bis dreißig Jahren ihr Gepräge durch den Kampf um die Rohstoffe erhielt. In technischer Beziehung äußerte sich dies besonders in Bestrebungen, die Rohstoffvorkommen auf die rationellste Art auszunutzen, Erze zu verarbeiten, die früher wegen ihres zu geringen Metallgehalts oder anderer Schwierigkeiten wegen als wertlos angesehen wurden, und die Veredelung selbst so billig zu gestalten, daß man sogar die weniger günstigen Rohstoffvorkommen lohnend verwerten konnte. Und wir alle wissen, welch große Fortschritte auf diesem Gebiet erzielt wurden.

Auf dem ökonomischen Gebiet äußerte sich der Kampf um die Rohstoffvorkommen sowohl in dem Wettbewerb der privaten Betriebe und Kartelle, wie in dem Konkurrenzkampf der Staaten untereinander. Und in letzter Instanz ist es nicht zum wenigsten der steigende Rohstoffbedarf der Welt, verbunden mit der Erkenntnis von der Begrenztheit der Rohstoffmengen, was zum Interessengegensatz zwischen den Mächten geführt hat und schon lange vor dem Kriege das Unglück ahnen ließ, das kommen mußte.

Das Steigen der Rohstoffproduktion kann nur andauern, wenn die Technik beständig vorwärts schreitet, wie sie es zweifellos auch in der Zukunft tun wird, wenn ferner immer neue Teile der Welt in die Industrialisierung mit einbezogen werden, wie es unzweifelhaft ebenfalls geschehen wird. Aber doch müssen wir einsehen, daß die Kurve des Rohstoffverbrauches, so wie sie jetzt erscheint, sich nicht viele Menschenalter hindurch in gleicher Weise fortsetzen kann.

Aber wenn einmal die Rohstoffvorkommen versagen, wenn die Produktionskurven umbiegen, haben wir dann nicht alle die Mengen in unserm Besitz, die bisher gewonnen sind, bilden eben sie nicht ein verfügbares Kapital, das wir zu unserm Bedarf aufspeichern? Das stellt sich für die verschiedenen Rohstoffe sehr verschieden.

Selbstverständlich wird die Kohle, die gewonnen und verbrannt ist, nicht als dauerndes Aktivum gebucht werden können. Ebensowenig bedeuten die großen Agrikulturrohstoffe bei dem jetzigen Verbrauchssystem irgendeinen dauernden Gewinn.

Aber wie ist es mit den Metallen? Sind sie nicht immer vorhanden, sobald sie nur erst einmal in unserm Besitz sind? Und finden sich da nicht kolossale Bestände, die sich im Laufe der Zeit angesammelt haben?

Die Metallmengen, die im Laufe der Zeit gewonnen worden, sind ja tatsächlich außerordentlich groß. Die gesamte Eisenmenge, die vom Jahre 1500 bis 1914 dargestellt wurde, ist so groß, daß sie, in die entsprechende Form gegossen, einen Eisenwürfel von ungefähr siebenhundert Meter Seitenlänge ergeben würde. Neben dieser ungeheuren Eisenmenge erscheint die Goldmenge, die im gleichen Zeitraum gewonnen worden ist, ganz verschwindend; sie würde einen Würfel mit ungefähr elf Meter Seitenlänge darstellen, allerdings an sich ganz respektabel an Größe und Wert.

Können nicht diese Metallmengen immer wieder — je nach dem Bedarf — in immer wechselnde, neue Formen gegossen werden?

Das gilt nur bis zu einem gewissen Grad. Erst in den letzten Jahrzehnten hat jene Bewegung einen Aufschwung genommen, deren Ziel es ist, die Metalle zu bewahren, sie aufs neue zu gebrauchen und systematisch mit allem Metallabfall zu ökonomisieren, der beständig von neuem in Umlauf gebracht werden soll, sobald die alten Formen ihren Zweck erfüllt haben. Diese Seite der Metallwirtschaft, die beispielsweise durch den Altmetallhandel vertreten wird, gelangt tatsächlich zu immer größerer Bedeutung, und zweifellos wird diese Bewegung, die Sekundärmetallbewegung, in beträchtlichem Grad dem drohenden Mangel an Rohstoffen abhelfen.

Aber bei vielen Metallen kann diese Sekundärmetallbewegung unter den heutigen Umständen nicht durchgeführt werden. Beispielsweise gehen etwa 40 % der Bleiproduktion in der Darstellung bleihaltiger Farben, speziell des Bleiweißes auf, eine Menge, die auf gar keine Weise wieder zu gewinnen ist. Vom Zinn gehen ungeheure Mengen in den chemischen Präparaten, speziell für die Seidenindustrie auf, woraus man das Zinn ebensowenig zurückgewinnen kann. Selbst für das Platin rechnet man damit, daß nur ein Drittel der Produktion nach der ersten Verwendung in Umlauf bleibt, zwei Drittel aber verloren gehen.

Und so ergibt sich, wie gesagt, daß das Zeitalter, welches sich durch einen sorglosen Verbrauch der schweren Metalle kennzeichnete, dem Abschluß nahe sein muß, indem ein beständig steigender Bedarf nicht mehr durch eine entsprechend steigende Produktion gedeckt werden kann. Dies ist an und für sich noch kein Grund, die Entwicklung pessimistisch aufzufassen. Rücksicht auf die Rohstoffe würde nur gut wirken, sowohl in technischer, wie ethischer Beziehung. Aber werden nicht diese Zustände eine Einschränkung von Produktion und Verbrauch, zu einer Stagnation in der technischen Entwicklung der Menschheit führen, ist es nicht eine Alterserscheinung, wenn wir aus dieser Not eine Tugend machen?

Es ist wohl unleugbar, daß dies wirklich ein Anzeichen von Greisenhaftigkeit ist, daß die Kulturperiode, die auf der unbegrenzten und ungehinderten Anwendung der schweren Metalle basiert ist, bald ihren Höhepunkt überschritten hat, daß wir uns dem Abschluß eines Zeitalters der ökonomischen und technischen Entwicklungsgeschichte der Menschheit nähern.

Droht uns nun die Gefahr, daß diese Altersanzeichen uneingeschränkt der Entwicklung unserer ganzen materiellen Kultur gelten, oder finden sich Rohstoffreserven, die noch nicht das Verfallszeichen an sich tragen, deren große Zeit vielleicht erst kommen wird? Auf die Steinzeit folgte das Zeitalter der schweren Metalle, ein Zeitalter, das schon jetzt die ersten Anfangszeichen des Niedergangs am Horizont zeigt. Was folgt hierauf, welchem neuen Zeitalter gehen wir entgegen?

Wollen wir versuchen, diese Frage zu beantworten, dann müssen wir unsern Blick auf ein Erfahrungsmaterial von ganz anderer Art lenken als auf die statistischen Resultate, die wir bisher betrachtet haben. Wir müssen nicht nur auf diejenigen Rohstoffe sehen, die bisher verwertet wurden, sondern wir müssen untersuchen, welche Rohstoffe sich überhaupt in der anorganischen Natur finden. Woraus besteht der Erdball, auf dem wir leben, welches sind seine einzelnen Bestandteile, was kann er uns in der Zukunft als stoffliche Grundlage unserer Kulturentwicklung bieten?

Ich sehe hierbei völlig vom Innern der Erde ab, von ihrem Kern, über dessen Zusammensetzung man nichts Sicheres weiß, der wahrscheinlich aus Nickeleisen besteht, dessen technische Nutzbarmachung wohl ausgeschlossen ist. Die äußere Schale der Erde, ihre zugängliche Kruste hingegen ist — außer der Luft und dem Meer — das Arbeitsfeld, auf das wir zu allen Zeiten hingewiesen sein werden, wenn wir nach anorganischen Rohstoffen suchen. Woraus bestehen nun die äußeren Teile der Erde, die Lithosphäre, das wir als Stein gemeinhin bezeichnen? Bei einer derartigen Untersuchung können wir vollständig von den Anhäufungen einzelner Metalle in den Erzlagerstätten absehen, da deren Menge — verglichen mit der Masse gewöhnlichen Gesteins — verschwindend gering ist, und wir können so die durchschnittliche Zusammensetzung aus den Tausenden von

Gesteinsanalysen berechnen, welche die Petrographen und deren chemische Mitarbeiter zuwege gebracht haben.

Das Resultat einer solchen Durchschnittsberechnung, von dem amerikanischen Mineralchemiker *F. W. Clarke* ausgeführt, ist im Auszug in den folgenden zwei Tabellen wiedergegeben.

Tabelle 1.

Die Stoffe, die in der Erdkruste in Mengen von mehr als einhalb Prozent vertreten sind.

Kieselsäure, Siliciumdioxyd	59,8	%
Tonerde, Aluminiumoxyd	14,9	„
Eisenoxyde	6,1	„
Kalk, Calciumoxyd	4,9	„
Magnesia, Magnesiumoxyd	3,7	„
Natron, Natriumoxyd	3,3	„
Kali, Kaliumoxyd	3,0	„
Titansäure, Titandioxyd	0,8	„

Tabelle 2.

Der Anteil einiger technisch wichtiger Metalle in der Erdkruste.

Nickel		0,02	%
Kupfer		0,01	„
Zink	ca.	0,004	„
Blei		0,002	„

Daraus ersehen wir, daß diejenigen Metalle, die bisher für unsere stoffliche Kultur charakteristisch waren, nämlich die Schwermetalle, in relativ sehr verschiedener Menge vorkommen.

Wir sehen, daß sich Kupfer, Blei, Zink nur in minimalen Quantitäten finden, verglichen mit vielen andern Stoffen, und daß von den bisher gebrauchten schweren Metallen einzig das Eisen in die Zusammensetzung der Erde in wirklich ansehnlicher Menge eingeht, so daß die Furcht vor Mangel an Eisen, die bei Betrachtung der heute wichtigsten Vorkommen entstehen konnte, wohl etwas abgeschwächt werden kann im Hinblick auf die Reserven, die der technische Fortschritt voraussichtlich noch für die Menschheit erobern wird.

Aber die allermeisten Stoffe, die sich in großen Mengen vorfinden, sind ganz andere als diejenigen, die vor dem neunzehnten Jahrhundert wichtig für unsere Kultur waren. Über die Hälfte der Masse besteht aus Siliciumdioxyd, aus Kieselsäure. Das Silicium ist ein Stoff, dessen Verbindungen allerdings auch schon in früheren Tagen angewandt wurden. Jetzt wird dieser Stoff in großen Mengen dargestellt, in reinem Zustand sowohl wie in Form von Legierungen. Das Silicium bekommt beständig zunehmende technische Bedeutung, und es ist unzweifelhaft, daß sich für diesen schönen, metallisch aussehenden leichten Stoff und seine Verbindungen neue Anwendungsgebiete finden werden.

Nächst den Siliciumsauerstoffverbindungen ist die Aluminiumsauerstoffverbindung, die Tonerde, am verbreitetsten, da ungefähr ein Sechstel der Erdkruste daraus besteht. Auf Reinaluminium umgerechnet sind es 8%, d. h. dem Gewicht nach doppelt soviel wie Eisen vorhanden ist.

Auch der Gebrauch des Aluminiums gehört nicht der alten hinsterbenden Kulturperiode an. Erst in den letzten Jahrzehnten ist es geglückt, dies nützliche leichte Metall im technischen Maßstabe darzustellen, weil die Aluminiumfabrikation große elektrische Energiemengen beansprucht, ebenso wie die Darstellung der übrigen Leichtmetalle und des Siliciums. Es ist daher kein Zufall, daß der Gebrauch der Leichtmetalle zeitlich mit der Ausnützung der Elektrizität zusammenfällt.

Einige Zahlen werden den technischen Fortschritt illustrieren, der den Übergang von einem Zeitalter zu dem nächstfolgenden kennzeichnet. Die Kraftmenge, die theoretisch erforderlich ist, um ein Kilogramm Metall aus den Oxyden darzustellen, die sich in der Natur vorfinden, beträgt für das Kupfer ungefähr eine halbe Pferdekraftstunde, für das Eisen drei Pferdekraftstunden.

Es ist von Interesse, die charakteristische Kurve für die Produktionssteigerung des Aluminiums auf Fig. 1 zu betrachten im Vergleich mit der eines der alten Schwermetalle, des Zinns, das ähnliche Zahlen für die heutige Produktion aufweist. Wir sehen, daß die Produktion des Aluminiums in noch schnellerem Tempo vor sich geht als bei irgendeinem der alten Metalle; wir haben hier das Beispiel eines technisch neuen Metalles, das die bisher angewandten aus wichtigen Gebieten, die sie bisher allein beherrschten, verdrängt.

Wie steht es nun mit den Rohstoffen für die Aluminiumherstellung, müssen wir nicht fürchten, daß diese schnelle Produktionssteigerung plötzlich aufhört, ebensobald wie bei den andern Metallen, wenn die Rohstoffvorkommen erschöpft sind? Vor dem Kriege ist — praktisch genommen — alles Aluminium aus einem verhältnismäßig seltenen Rohstoff hergestellt worden, einem Rohstoff, den nur wenige Länder besitzen, nämlich Bauxit, einem Rohstoff, der — ebenso wie das Kaolin — eine Sekundärbildung ist. Seine wichtigsten Vorkommen finden sich in Frankreich, ferner in Ungarn, Nordamerika, Indien. Aber da keines dieser Vorkommen unerschöpflich ist, hat man es schon lange für eine der wichtigsten Zukunftsaufgaben angesehen, den Aluminiumgehalt in gewöhnlichen Gesteinen zu verwerten, und diese Aufgabe ist nicht unlösbar. Ich kann in diesem Zusammenhang erwähnen, daß es zum erstenmal hier zu Lande gelungen ist, Aluminiumsalze — wenn auch noch nicht metallisches Aluminium — aus primären Bestandteilen der Erdkruste in technischem Maßstabe herzustellen. Und ist man erst soweit gelangt, daß man den Aluminiumgehalt aus gewöhnlichen Gesteinen gewinnen kann, so werden die Zukunftsaussichten,

die das Aluminium bietet, beträchtlich näher gerückt.

Auch das Magnesium, ein schönes silberweißes Metall, ist außerordentlich verbreitet. Seine Hauptanwendung wird wahrscheinlich in leichten Legierungen bestehen, die sehr wertvolle Eigenschaften aufweisen, wiederum eins der Leichtmetalle, die zum Kulturfaktor werden.

In ähnlicher Menge findet sich auch ein anderes Leichtmetall, nämlich Calcium, dessen chemische Verbindungen in dem letzten Menschenalter eine gewaltig steigende Anwendung gefunden haben. Ich brauche nur an die Cementindustrie zu erinnern, an Calciumkarbid, an Kalkstickstoff, an Norgesalpeter, um zu zeigen, welchen wichtigen Platz in der Weltwirtschaft die Calciumverbindungen erobern. Auch hier war norwegische Tatkraft mit an der Spitze.

Auch das Titan, ein Stoff, der früher als selten und unnütz angesehen wurde, aber der in Wirklichkeit zu den verbreitetsten Bestandteilen der Erdkruste gehört, beginnt in der ökonomischen Arena vorzurücken. Ich könnte seine Anwendung zu weißem Farbenpigment nennen, auch ein Gebiet von der größten Bedeutung im Hinblick auf die Metallwirtschaft, da ein Drittel der Bleiproduktion dadurch zu anderen Anwendungen als zum Bleiweiß frei wird, ein Fünftel der Zinkproduktion verfügbar wird, dadurch die Zinkfarben überflüssig gemacht werden oder — richtiger gesagt — von dem zum Farbenpigment weit besser geeigneten Titan verdrängt werden. Auch auf diesem Gebiet ist die grundlegende Arbeit hier zu Lande getan worden.

Wir sehen somit, wie neue Rohstoffe auftauchen, Rohstoffe, die sich in weit größeren Mengen vorfinden als irgendwelche Rohstoffe der alten Kultur. Und die Ausnutzung dieser neuen Rohstoffe beginnt gerade jetzt, da die Bestände, von denen wir bisher gezehrt haben, zur Neige gehen.

Ist es unter diesen Umständen nicht berechtigt, vom Beginn eines neuen Zeitalters zu sprechen, einer Wende, die vollständig mit dem Übergang von der Steinzeit zum Zeitalter der Schwermetalle verglichen werden kann? Wieder gehen wir — sozusagen — zum gemeinen Stein zurück, aber wir haben gelernt, ihn zu veredeln, aus ihm die Leichtmetalle und deren Verbindungen zu gewinnen und zu benutzen. Nicht so zu verstehen, daß man zukünftig damit aufhören wird, die Schwermetalle zu benutzen, aber sie werden nicht länger die Alleinherrschenden sein; es sind ihnen Mitbewerber erstanden, die sich wichtige Eigengebiete erobern und in beständig wachsender Ausdehnung vordringen werden.

Und das neue Zeitalter, an dessen Pforte wir stehen, kann das Zeitalter der Leichtmetalle genannt werden.

Wir leben somit in einer kulturell höchst merkwürdigen Übergangszeit zwischen zwei Zeitaltern. Neben den alten Rohstoffen und ihren Produkten, die einige Jahrtausende hindurch der stofflichen Kultur der Menschheit ihr Gepräge verliehen, beginnen ganz neue, bisher wertlose Rohstoffe und deren Produkte in beständig zunehmender Ausdehnung zur Geltung zu gelangen.

Und dies ist nicht nur in technischer oder naturwissenschaftlicher Hinsicht bedeutungsvoll. Auch vom nationalökonomischen Standpunkt aus verdient es scharfe Aufmerksamkeit. Ich brauche hier nur die vielen neuen Aufgaben zu nennen, die sich für die Gesetzgebung melden, indem die Rohstoffe der Leichtmetalle, der Rohstoffe der Zukunft, in vielen Ländern noch ganz außerhalb des Rechtslebens stehen, da die Gesetzgebung des dahinschwindenden Zeitalters diese Rohstoffe nicht ins Auge faßte, die Anwendungsmöglichkeiten nicht umfaßt, die jetzt bald zur Wirklichkeit werden, ja, die teilweise schon zu Tatsachen geworden sind. Auch vom Staatsmann fordert die Zeitenwende die größte Aufmerksamkeit, denn er kann nicht nur als Zuschauer der Umwertung der Werte, der Umlegung der Produktionsarten und den daraus folgenden ökonomischen Machtverschiebungen gegenüberstehen.

Über die Rolle der Milchsäure in der Energetik des Muskels[1]).

Von Otto Meyerhof, Kiel.

I.

Die chemischen Vorgänge bei der Muskeltätigkeit.

Die selbstverständliche Wahrheit, daß Theorien und Modelle eines physiologischen Vorgangs nur dann eine Bedeutung haben, wenn sie unter Zugrundelegung möglichst zahlreicher experimenteller Fakten und in Übereinstimmung mit der Gesamtheit derselben ersonnen werden, ist gerade für das Muskelproblem weder von Außenstehenden noch Fachgenossen immer genügend beachtet worden. Die Frage, auf welche Weise der Energiegehalt der Nährstoffe im Muskel in mechanische Arbeit transformiert wird, konnte um so mehr zum Tummelplatz vager Spekulationen werden, als sich außer Medizinern auch Physiker und Ingenieure berufen fühlten, hierüber Hypothesen aufzustellen, wobei die ersteren vielfach die thermodynamischen Grundlagen, die letzteren unsere schon an und für sich dürftigen Kenntnisse der chemischen, thermischen und mechanischen Vorgänge bei der Muskeltätigkeit außer acht ließen.

Auch die klassische Physiologie, die in Deutschland von *Helmholtz, Ludwig* und *Du Bois-Reymond* begründet ist, hat den Muskel vorwiegend nur unter physikalischen Gesichtspunkten betrachtet. Da er aber eine chemodynamische Maschine ist, müssen die der Kon-

[1]) Erweiterte Wiedergabe eines auf dem Deutschen Physiologen-Kongreß in Hamburg am 27. 5. 1920 gehaltenen Vortrags.

traktion zugrundeliegenden *chemischen* Prozesse sowie die *Wärme*bildung nach Ablauf und Umfang erforscht werden, damit aus der Zuordnung dieser Größen zu den *mechanischen* ein geschlossenes Bild der Muskelenergetik gewonnen werden kann, das allen speziellen Hypothesen und Modellbetrachtungen zugrundegelegt werden muß. Im folgenden soll versucht werden, auf Grund eigener Untersuchungen am Froschmuskel (1) ein solches Bild zu entwerfen, wobei daneben einzelne sich für die Theorie der Kontraktion hieraus ergebenden Konsequenzen besprochen werden sollen.

Die Energie für die Arbeitsleistung stammt im isolierten Muskel vollständig aus der Oxydation von Kohlenhydrat. Arbeitet der Muskel in Sauerstoffatmosphäre, so verringert sich seine Glykogenmenge, Sauerstoff wird verbraucht, Kohlensäure gebildet — und zwar in genau äquivalenten Mengen — und es ist eine gewisse Menge Arbeit geleistet, die nach der Forschung verschiedener Autoren unter besonders günstigen Bedingungen 30 bis 40 % der Oxydationswärme betragen kann (*Hill* 2). Doch erhalten wir so nur die Bilanz des Prozesses und erfahren nichts über den *Weg* der Energietransformation. Nun kann aber der Muskel unter völlig anaëroben Bedingungen längere Zeit Arbeit leisten, in einer Atmosphäre von reinem Stickstoff oder Wasserstoff ebenso wie auch z. B. nach Vergiftung mit Blausäure, die die Oxydationen vollständig aufhebt (*Weizsäcker* 3). Es wird also bei einer Anaërobiose nicht etwa irgendwie gespeicherter Sauerstoff verwandt. Und unter solchen anaëroben Bedingungen kommt es, wie zuerst von *Fletcher* und *Hopkins* (4) genauer erforscht wurde, in konstanter und gesetzmäßiger Weise zur Anhäufung einer bestimmten Menge Milchsäure. Diese Milchsäure verschwindet nachträglich wieder, wenn der Muskel sich in Gegenwart von Sauerstoff ausruhen kann. *Das Verschwinden der Milchsäure bedeutet die Erholung des Muskels.* Wenn der in Stickstoff völlig erschöpfte Froschmuskel, der auf stärkste Reize nicht mehr reagiert, eine Reihe von Stunden in eine Atmosphäre von reinem Sauerstoff gehängt wird, ist er wieder zu einer langen Serie von Kontraktionen befähigt, kann von neuem erschöpft werden usf. Während in der Erholungszeit die Milchsäure schwindet, ist, wie *Verzàr* (5) zuerst feststellte, die Atmung gesteigert, der *Sauerstoffverbrauch* folgt hier also der Arbeitsleistung beträchtlich nach, unmittelbar dient er nicht der Arbeit selbst, sondern der *Erholung*.

Wie verknüpft nun die Milchsäure den Atmungsvorgang mit der mechanischen Muskelleistung? Hier ergibt sich auf den ersten Blick eine große thermodynamische Schwierigkeit. Die Milchsäure stammt nämlich, wie zuerst von *Parnas* und *Wagner* (6) gezeigt wurde, aus dem Glykogen. Wenn der Muskel in Stickstoff arbeitet, so geht also nur die Spaltung Glykogen → Milchsäure vor sich. Die Wärmetönung dieses Vorganges ist: 3772 (Verbrennungswärme von 0,9 g Glykogen, die 1 g Milchsäure geben) — 3661 cal (Verbrennungswärme von 1 g Milchsäure) = 111 cal. Dies sind mithin nur 3 % der Verbrennungswärme des Glykogens. Wenn nun weiterhin die Milchsäure in der oxydativen Erholung vollständig verbrennen würde, würden die restlichen 97 % auftreten. Da aber der Muskel wie erwähnt mit einem thermischen Wirkungsgrad von 30—40 % arbeiten kann, so müßte in diesem Fall anaërob eine gut 10fach so große Arbeit geleistet werden, als der Gesamtenergie des Vorgangs entspricht; wenn das schon an und für sich höchst unwahrscheinlich ist, so müßte mindestens unter solchen Umständen eine entsprechende Abkühlung des Muskels auftreten. Ältere Forscher glaubten in der Tat gelegentlich solche „negative Wärmeschwankung" zu beobachten. Die Versuche sind aber durch methodische Fehler bedingt gewesen. In Wahrheit gibt es solche Abkühlung nicht. Aber auch durch direkte Messung konnte *Hill* feststellen, daß unter anaëroben Bedingungen nicht etwa nur 3 %, sondern schätzungsweise 50 % der Wärme einer aëroben Kontraktion auftreten. Unsere obige Annahme wäre also nur dann möglich, wenn der anaërobe Spaltungsvorgang Glykogen → Milchsäure mit einem andern exothermen Prozeß von etwa der halben Verbrennungswärme der Milchsäure gekoppelt wäre. Und dieser geheimnisvolle Vorgang müßte sich rückläufig, also endotherm, während der oxydativen Erholungsphase abspielen. In der Tat meinte *Parnas* (7) vor einigen Jahren, dies letztere durch Vergleich der Sauerstoffmilchsäure- und Wärmebilanz des sich erholenden Froschmuskels festgestellt und damit auch die restlose Verbrennung der Milchsäure in der Erholungsperiode wenn nicht erwiesen, doch sehr wahrscheinlich gemacht zu haben.

Indes stieß ich bei Verfolg der sich hieraus ergebenden Konsequenzen auf theoretische und experimentelle Widersprüche, und es zeigte sich, daß die Versuche, auf die sich *Parnas'* Überlegungen stützten, nicht in dem angeführten Sinne verwertet werden durften. Vielmehr ergaben sich bei Durchforschung des ganzen Gebietes hiervon ganz abweichende und völlig eindeutige Resultate.

Verfolgt man während der Erholungsperiode den Sauerstoffverbrauch und den Schwund der Milchsäure, so schwindet die Milchsäure in der Tat solange, als die Atmung gesteigert ist; sobald alle Milchsäure aus dem Muskel verschwunden ist, ist die Atmung unter normalen Umständen auf die Höhe des Ruhestoffwechsels zurückgegangen. Beide Vorgänge sind ganz fest miteinander gekoppelt. Berechnet man nun aber den Sauerstoffmehrverbrauch, der zum Verschwinden der Milchsäure gedient hat, so ist er

nur ¼ bis ¼ so groß als zur restlosen Verbrennung der Milchsäure erfordert würde, nämlich 3 Moleküle Sauerstoff (96 g) auf 3—4 Moleküle Milchsäure (270—360 g), während 1 Molekül Milchsäure (90 g) mit 3 Molekülen Sauerstoff vollständig verbrannt würde. Ob man diese Erholung bei 7°, 14° oder 20° vornimmt, macht dabei nur einen geringen Unterschied, während die Ruheatmung ums 4fache dadurch variiert wird. Andererseits ist der respiratorische Quotient, d. h. das Volumenverhältnis der *gebildeten* Kohlensäure zum verbrauchten Sauerstoff während der ganzen Erholungsperiode genau gleich 1. (Für unsere Überlegung kommt es nur auf die tatsächlich in jedem Augenblick gebildete, nicht auf die vom Muskel abgegebene Kohlensäure an; letztere hängt weitgehend von der Reaktion des Muskels ab, die sich z. B. durch das Verschwinden der Milchsäure nach der alkalischen Seite zu verschiebt.) Ohne komplizierende Annahmen folgt hieraus, daß bis ¾ der Milchsäure anaërob verwandelt wird, aber der Rest oder ein ihm entsprechendes Kohlenhydratäquivalent verbrennt. In der Tat. Die nicht verbrannte in der Erholungsperiode verschwundene Milchsäure ist vollständig in Kohlenhydrat zurückverwandelt, nämlich zu Glykogen geworden, zu demselben Glykogen, aus dem sie bei der Reizung entstanden ist, wie sich mir in zahlreichen Versuchen ergab. Und zwar entspricht die Kohlenhydratzunahme zahlenmäßig genau dem nicht verbrannten Teil der verschwundenen Milchsäure, was aus der folgenden Tabelle ersichtlich ist, die die Bilanz eines derartigen Versuches zeigt.

Froschschenkel 15 Min. durch Einzelinduktionsschläge ermüdet (60 pro Minute), dann die *eine* Hälfte verarbeitet, die andere 23 Stunden bei 14° der Erholung überlassen.

Die Muskel enthalten in Milligramm pro 1 g:

	Vor Erholung	Nach Erholung	Differenz
Glykogen, als Glukose berechnet	3,37	4,75	+1,38
übrige Kohlenhydrate, als Glukose berechnet	2,01	1,66	−0,35
zusammen	5,38	6,41	+1,03
Milchsäure	2,56	0,44	−2,12

Sauerstoffversuch: 0,66 mg O_2 Erholungsverbrauch + 0,54 mg O_2 Ruheverbrauch; zusammen 1,20 mg Sauerstoff, welche 1,12 mg Milchsäure oder Zucker verbrennen. Von den 2,12 mg Milchsäure sind mithin der Rest, gleich *1,00 mg*, anaërob verschwunden. Dafür sind *1,03 mg* Kohlenhydrate neu gebildet.

II.

Der Mechanismus der Zuckerveratmung im Muskel.

Nun hängt aber der hier gekennzeichnete Vorgang von Milchsäurebildung und -schwund bei der Muskelarbeit eng mit der Ruheatmung zusammen, wie sich aus den folgenden Tatsachen ergibt: Auch während der Ruhe häuft sich, wie *Fletcher* und *Hopkins* zuerst zeigten, in längerem Zeitraum unter anaëroben Bedingungen Milchsäure im Muskel an. Auch diese Milchsäure entstammt, wie ich fand, vollständig dem Glykogen. Und ebenso wie die Arbeitsmilchsäure schwindet auch die Ruhemilchsäure unter Sauerstoffmehrverbrauch, wobei wiederum nur etwa ¼ soviel Erholungssauerstoff verbraucht wird als die Verbrennung der Milchsäure erfordert. Andererseits aber ist diese im Anschluß an die Anaërobiose extra verbrauchte Sauerstoffmenge gerade gleich der, die in der Zeit des Sauerstoffmangels von dem Muskel veratmet worden wäre, wenn er sich in Luft befunden hätte. Der in der Anaërobiose weggefallene Sauerstoff wird also vollständig nachgeatmet, ein Verhalten, das sich bisher bei keiner andern Zellart beobachten ließ, wo man danach gesucht hat (8).

Aber gleichzeitig erhalten wir noch ein anderes interessantes Resultat, wenn wir die in der Zeiteinheit anaërob angehäufte Milchsäure mit der Atmungsgröße des Muskels in Sauerstoff vergleichen. Hinsichtlich dieser anaëroben Milchsäureanhäufung in der Ruhe könnte man zunächst daran denken, daß sie aus der Unterbrechung eines Atmungsprozesses resultiert, dessen erste Phase die anaërobe Umwandlung Glukose → Milchsäure, dessen zweite oxydative Phase die Umwandlung Milchsäure → Kohlensäure + Wasser wäre. Dann müßte bei Wegfall einer bestimmten Menge Atmungssauerstoff eine genau entsprechende Milchsäuremenge auftreten, nämlich bei Wegfall von 96 g Sauerstoff 90 g Milchsäure. Eventuell könnte die Säuremenge sich dadurch verringern, daß auf Grund des Massenwirkungsgesetzes der Prozeß durch die Anhäufung des Reaktionsproduktes verlangsamt würde. Wir finden jedoch das umgekehrte. Es häuft sich drei- bis viermal soviel Milchsäure an, als wir auf die genannte Weise berechnen. Mithin bringt ein Teil Sauerstoff nicht allein in der Erholung die 3—4fache Menge Milchsäure zum Verschwinden, als er verbrennen kann, sondern in der Ruheatmung hindert er eine ebensolche Menge Milchsäure am Entstehen. *Also ist auch in der Ruheatmung die Milchsäure kein einfaches Intermediärprodukt des Zuckerzerfalls, sondern auch hier werden 3- oder 4mal so viel Milchsäuremoleküle gebildet wie verbrennen;* da sich aber in diesem Fall in Gegenwart von Sauerstoff keine Milchsäure anhäuft, wandelt sich auch hier der Rest stets in Glykogen zurück. Durch die Anaërobiose werden diese beiden Vorgänge der normalen Ruheatmung: Milchsäurebildung aus Glykogen, Milchsäurerückbildung zu Glykogen unter Oxydation eines Viertels, in zwei Perioden auseinander getrennt. Und dasselbe ist bei der Tätigkeit der Fall. Bei der Arbeitsleistung in Sauerstoff sehen wir zunächst nur die Steigerung des

ganzen Prozesses[1]). Bei anaërober Arbeit und Erholung in Sauerstoff sehen wir die Zerlegung desselben außer seiner Steigerung. Übrigens — das ist für die Theorie der Muskelkontraktion von Wichtigkeit — tritt die Milchsäure auch bei der Arbeit in *Sauerstoff* auf und schwindet auch hier erst *nach* der Kontraktion. Es bleibt also nicht etwa bei einer bloß potentiellen Bildung von Milchsäure. Dies geht besonders aus den Wärmemessungen *Hills* (9) hervor, daß schon bei einer einzelnen Zuckung, die durchaus nicht den ganzen im Muskel gelösten Sauerstoff verbraucht, die Erholungswärme dem Verkürzungsvorgang mehrere Sekunden nachfolgt. Diese Wärme entspricht dem Milchsäureschwund.

Die Formulierung dieses Atmungsvorganges ist auf der folgenden Übersicht angegeben, wobei in einer aus theoretischen Gründen zulässigen Idealisierung eine genau stöchiometrische Beziehung von 4 in der Erholung verschwindenden Molekülen Milchsäure und 3 dafür aufgewandten Sauerstoffmolekülen angenommen ist. Es entspricht dies offenbar dem unkomplizierten Grundprozeß bei der Restitution.

Veratmung von 1 Glukosemolekül im Muskel.

1. Anaërobe Phase.

$4/n$ Glykogen[2]) $+ 4\,H_2O \rightarrow 4$ Glukose

$\rightarrow 1$ Glukose $+ 6$ Milchsäure

(bzw. 8 Milchsäure)

2. Oxydative Phase.

1 Glukose $+ 6$ Milchsäure $+ 6\,O_2$

(bzw. 8 Milchsäure)

$\rightarrow 6\,CO_2 + 6\,HO_2 + 3$ Glukose

$\rightarrow 3/n$ Glykogen $+ 3\,H_2O$.

Ob man annimmt, daß in der Erholungsphase Glukose oder Milchsäure verbrennt, ist, wie die Formeln zeigen, irrelevant und nur eine Sache der Formulierung. In Summa ergibt sich, daß bei Verbrennung von 1 Molekül Glukose 6 Moleküle Milchsäure sich in Glykogen zurückverwandeln. Phosphorsäure kommt in der Bilanz nicht vor, und dementsprechend konnten verschiedene Untersucher (*Laquer* (10), *Parnas* und *Wagner*) im Froschmuskel bei Ruhe und Erholung keine Änderung des Gehalts an anorganischer Phosphorsäure entdecken. Dieses übereinstimmende Ergebnis widerspricht aber nicht der seit einer Reihe von Jahren von *Embden* (11) vertretenen Hypothese, daß als unmittelbare Vorstufe der Milchsäure im Muskel, sog. Lactacidogen, ein phosphorsäurehaltiges Kohlenhydrat anzunehmen ist, das ganz oder nahezu identisch ist mit der Hexosediphosphorsäure der alkoholischen Gärung. Es wäre dies dann ein Zwischenprodukt, das entsprechend seinem zu Milchsäure und freier Phosphorsäure führenden Zerfall aus dieser letzteren und neu hydrolysierendem Glykogen immer neu gebildet würde. Durch die Einfügung der Hexosediphosphorsäure in unser Formelschema entsteht eine weitgehende Analogie zwischen der Veratmung eines Glukosemoleküls im Muskel und der Vergärung eines Zuckermoleküls im Hefepreßsaft auf Grund der Gärungsgleichungen von *Harden* und *Young* (12). Diese lauten:

1. Gärungsphase.

2 Glukose $+ 2$ Phosphorsäure $\rightarrow 2\,CO_2$ $+ 2$ Alkohol $+ 2\,H_2O + 1$ Hexosediphosphorsäure.

2. Spaltungsphase.

1 Hexosediphosphorsäure $+ 2\,H_2O \rightarrow 1$ Hexose $+ 2$ Phosphorsäure.

Entsprechend würden unsere Gleichungen lauten, unter Einschiebung der Hexosephosphorsäure, wenn wir die oxydative Phase voranstellen:

1. 1 Glukose $+ 6$ Milchsäure $+ 6$ Phosphorsäure $+ 6\,O_2 \rightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O + 3$ Hexosediphosphorsäure ($\rightarrow 3/n$ Glykogen $+ 3\,H_2O + 6$ Phosphorsäure).

2. ($4/n$ Glykogen $+ 4\,H_2O + 6$ Phosphorsäure $\rightarrow$) 3 Hexosediphosphorsäure $+ 1$ Glukose $\rightarrow 6$ Milchsäure $+ 6$ Phosphorsäure $+ 1$ Glukose.

In der Gärung wird also in der ersten Phase 1 Zuckermolekül zu Kohlensäure und Alkohol, während das andere zum Phosphorsäureester synthetisiert wird. Hier würde das eine verbrannt, während 6 Milchsäure zu 3 Estermolekülen aufgebaut würden. Ebenso entsprächen sich die Spaltungsvorgänge in der anderen Phase. Die Verwandtschaft beider Vorgänge ist besonders dadurch nahegelegt, daß, wie ich vor einigen Jahren zeigen konnte, das Koferment der Gärung im Tierkörper vorhanden ist, ganz besonders reichlich in der Muskulatur und sich hier als ein Koferment der Atmung betätigt. Schon damals ergaben sich Anhaltspunkte dafür, daß in beiden Fällen das Koferment bei der Veresterung der Phosphorsäure beteiligt ist (13).

III.

Wärmebildung in Arbeits- und Erholungsphase.

Wir wollen nunmehr die chemischen Vorgänge während der Arbeit und Erholung mit der Wärmebildung im Muskel in beiden Perioden vergleichen. Bereits *Hill* hat bei seinen thermischen Messungen auf die Analogie mit den Milchsäurestudien von *Fletcher* und *Hopkins* aufmerksam gemacht, ohne den Vergleich streng durchzuführen. Genauer maß sein Schüler *Peters* (14) die Wärmebildung im Muskel bei erschöpfender anaërober Reizung und verglich sie mit der Milchsäurebildung unter ähnlichen Umständen. Indes war auch bei ihm das Ergebnis nicht ganz eindeutig, weil er beide Messungen nicht in demselben Versuch durchführte. Ich habe deshalb in zahlreichen Fällen unter Variation der äußeren Bedingungen die anaërobe Wärmebildung des Muskels mit der Menge der

[1]) Ich konnte nachweisen, daß auch in der Ruheatmung Glykogenschwund und Sauerstoffverbrauch sich entsprechen: d. h. es verbrennt im ausgeschnittenen Muskel nur Glykogen.

[2]) Für Glykogen ist als Formel zugrunde gelegt n $(C_6H_{10}O_5)$.

gleichzeitig auftretenden Milchsäure jeweils in demselben Versuch bestimmt. Es ergaben sich im Durchschnitt etwa 400 cal beim Auftreten von 1 g Milchsäure. Dabei zeigen sich gewisse systematische Differenzen der verschiedenen Serien (unabhängig von der nicht ganz unbeträchtlichen Fehlerbreite der Messungen), was aus der folgenden Übersicht zu ersehen ist.

	Temp.	Versuchszahl	cal	Durchschnitt cal
Elektrische Reizung				
Tetanus	7°	2	430—512	470
Tetanus	14°	6	380—500	435
Tetanus	22°	9	340—452	390
Einzelreize	14°	5	305—400	352
Chloroformstarre	14°	2	360—346	340
Chloroformstarre	21°	2	350—338	
Chloroformstarre	27,5°	2	350—290	
Ruheanaërobiose	22°	4	260—310	280

Einmal fällt auf, daß die Wärmebildung bei tetanischer Reizung mit steigender Temperatur abnimmt und dann vor allem, daß die Milchsäurebildung in der Ruhe mit verringerter Wärmebildung einhergeht. Ohne die übrigen nicht sehr beträchtlichen Abweichungen, die nicht ohne weiteres gedeutet werden können, näher zu erörtern, sei nur auf den letzteren Umstand eingegangen, der zugleich einen Hinweis auf die Bedeutung der Wärmegrößen überhaupt gibt. Als einziger erkennbarer chemischer Vorgang spielt sich ja in der anaëroben Phase die Spaltung Glykogen → Milchsäure ab, die nach den allerdings unsicheren thermochemischen Daten zu 111 cal anzusetzen ist. Die gebildete Milchsäure wird dann noch während der Anaërobiose durch Bicarbonat oder Eiweißkörper von ähnlichem Reaktionstypus neutralisiert, wobei weitere 30 cal pro 1 g Milchsäure entstehen, zusammen 140 cal. Der überwiegende Teil der Wärme kommt danach nicht durch den chemischen Vorgang selbst, sondern durch die physikalischen Wirkungen zustande, die die Milchsäure im Muskel hervorruft. Jedoch wäre es falsch, diese Wärme etwa auf die Zustandsänderung zu beziehen, die sich beim Verkürzungsprozeß im Muskel abspielt. Denn wir messen niemals die Wärme dieser Verkürzung für sich, sondern stets mit der Erschlaffung zusammen, und damit ist die Zustandsänderung wieder vollständig rückgängig gemacht. Setzt man z. B. einen Quellungsvorgang als Ursache der Verkürzung voraus, so ist die hierbei auftretende „Quellungswärme" bereits während der Meßperiode durch die der Erschlaffung entsprechende „Entquellung" kompensiert, die mit der gleichen negativen Wärmetönung verlaufen muß wie die Quellung mit einer positiven. Diese physikalische Wärmetönung kann nur durch die Anreicherung der von den „Verkürzungsorten" bereits wegdiffundierten im umgebenden Muskelplasma angehäuften Milchsäure bedingt sein. Hier wird dieselbe offenbar durch Quellungsbindung oder Adsorption festgehalten und diese kapillaren Affinitäten sind insofern für die Kontraktion unentbehrlich, als sie die Milchsäure von den Verkürzungsorten mit bedeutender freier Energie wegziehen und dadurch die Rückgängigmachung jener Form- und Elastizitätsveränderungen bewirken, die sich unter Freisetzung der als mechanische Arbeit gewinnbaren Energie bei der Kontraktion abspielen. Mit einem Wort wird hierdurch die momentane Erschlaffung ermöglicht, ohne daß die Milchsäure dabei aus dem Muskel verschwindet. Dieser Vorgang geht, wie oben erwähnt, ebenso bei der Kontraktion in Sauerstoff vor sich, stets erschlafft der Muskel lange vorher, ehe die Milchsäure aus ihm entschwunden ist, offenbar hat sie nur ihren Ort gewechselt. Sie ist von den „Verkürzungsorten" in die „Ermüdungsorte" übergetreten.

Bei einer Kontraktion muß sich also folgende Kette von Prozessen abspielen: An den Verkürzungsorten entsteht explosiv die Milchsäure aus Glykogen; dadurch (vermutlich durch freies H-Ion) wird ein Vorgang mit bedeutender freier Energie ausgelöst, der eine Änderung der elastischen Ruhelage der kleinsten Fibrillenabschnitte zur Folge hat; momentan entweicht die Milchsäure von den Verkürzungsorten, indem das umgebende Muskelplasma die Säure mit mindestens derselben Affinität anzieht, als durch die Bildung an den Fibrillen entwickelt wurde (vielleicht wird die Säure auch aktiv verdrängt oder ihr Entstehen hat solche Änderungen der Verkürzungsflächen zur Folge, daß sie leichter entweichen kann); so wird der Vorgang rückgängig und der Muskel erschlafft wieder. — Kommen wir nun auf den Ausgangspunkt zurück und fragen, wie die Milchsäurebildung in der Ruheanaërobiose verläuft, so ist chemisch der Vorgang jedenfalls der gleiche: Entstehung der Milchsäure aus Glykogen und Anhäufung an den Ermüdungsorten. Daß in diesem Fall keine Kontraktion ausgelöst wird, rührt offenbar nur daher, daß die Bildung an den Verkürzungsorten so langsam vor sich geht, daß jeweils eine entsprechende Menge wieder wegdiffundiert und niemals die für die Kontraktion erforderliche Konzentration erreicht wird. Daß nun gleichwohl die Wärmebildung pro Einheit Milchsäure verringert ist, hat eine andere Ursache: in den etwa 24stündigen anaëroben Ruheversuchen, in denen abgehäutete Froschschenkel sich in einer physiologischen Salzlösung (blausäurevergiftete Ringerlösung) befinden, diffundiert fast die Hälfte der Säure aus dem Muskel in die umgebende Flüssigkeit hinaus. Dieser Anteil der Milchsäure ist dann ohne Wirkung auf das Muskelplasma und kommt daher nur mit seiner chemischen Spaltungswärme zur Geltung.

Wenn aber der Ermüdungsvorgang völlig reversibel ist, der Muskel also in der Restitu-

tionsperiode zur Norm zurückkehrt, so muß die Herauslösung der Milchsäure aus den Ermüdungsorten mit einer ebensolchen negativen Wärmetönung verbunden sein wie die Bindung mit positiver, und die Oxydationswärme der Erholungsphase (für Kohlenhydrat berechnet) muß um diesen Betrag, d. h. um die Wärmebildung der Arbeitsphase verringert sein. Wir haben dann die Gleichung: Wärmebildung der anaëroben Ermüdungsphase + Wärmebildung der oxydativen Restitutionsperiode = Wärmebildung der Ermüdung in Sauerstoff = Oxydationswärme von Kohlenhydrat. Dies läßt sich durch Wärmemessungen in der Restitutionsperiode, die ich nach einer Anordnung von *Parnas* angestellt habe (aber mit einem anderen Ergebnis als dieser Forscher), durchaus bestätigen. Während sich bei Kohlenhydratverbrennung pro Verbrauch von 1 ccm Sauerstoff 5 cal berechnen, treten in den ersten Stunden der Erholung nur etwa 3,5 cal dafür auf. Bestimmen wir das ganze Wärmedefizit der Erholungsperiode gegenüber der aus dem Sauerstoffverbrauch berechneten Verbrennungswärme, so ist es in der Tat fast ebenso groß wie die Wärmebildung der anaëroben Ermüdungsphase. Eine solche Wärmebilanz, aus verschiedenen Versuchen kombiniert, ist in der folgenden Übersicht enthalten.

Pro 1 g Muskel bei tetanischer Erschöpfung (14 °):

a) *Ermüdungsphase*, gebildet 1,8 mg Milchsäure und 0,72 cal (pro 1 g Milchsäure 400 cal).

b) *Erholungsphase*, verschwunden 1,8 mg Milchsäure und 0,35 ccm = 0,50 mg Erholungssauerstoff. Für Kohlenhydrat berechnet bei 0,35 ccm Sauerstoff 1,75 cal. Gefundene Erholungswärme 1,0 cal; es fehlen 0,75 cal. Wärmebildung der Kontraktionsphase 0,72 cal, der oxydativen Erholungsphase 1,0 cal.

Gleichzeitig findet sich dabei das von *Hill* an der einzelnen Zuckung gefundene Resultat auch bei totaler Muskelermüdung bestätigt, daß die Kontraktionswärme etwa zur Hälfte (genauer 40 %) auf die Arbeitsphase, zur andern auf die oxydative Erholung entfällt.

Fragen wir nun nach der Bedeutung der oxydativen Erholungsperiode für den Muskel, so darf sie keineswegs als Erschlaffungsphase betrachtet werden. Vielmehr kontrahiert sich und erschlafft der Muskel in der Anaërobiose; ja, er tut es, wie wir sahen, auch in Gegenwart von Sauerstoff, lange ehe die Milchsäure aus ihm entfernt ist. Die Aufgabe der Erholungsphase kann nur in der Beseitigung der im Muskelplasma *außerhalb* der Verkürzungsstellen angehäuften Milchsäure gesucht werden. Durch diese Beseitigung werden mindestens drei verschiedene Zwecke im Dienst der folgenden Muskelaktion erfüllt. Einmal wird der größte Teil der in energetischer Beziehung nicht ausgenützten Milchsäure in ihr Ausgangsmaterial zurückverwandelt, unter Aufwand von Energie, die durch die Oxydationen geleistet wird, und ist damit zu erneuter explosiver Freisetzung verfügbar. Zweitens wird das Diffusionsgefälle der Milchsäure wieder hergestellt, das für ihr Entweichen von den Verkürzungsorten erfordert wird zum Zweck der Wiedererschlaffung des kontrahierten Muskels: kann man doch feststellen, daß bei einem ermüdeten Muskel die Erschlaffung zunehmend langsamer erfolgt, offenbar weil das Konzentrationsgefälle schon stark herabgesetzt ist; ja, daß es bei weiterer Anhäufung der Milchsäure zu einer Starre kommt, zu einer Dauerverkürzung, die — anfangs noch reversibel — sich ohne Entfernung der Milchsäure aus dem Muskel nicht mehr löst. Es scheint, daß hier die Milchsäure nicht mehr von den Verkürzungsorten entweichen kann. Die Ermüdungsorte, die nur beschränkt aufnahmefähig für Milchsäure sind, müssen daher immer wieder entleert werden. Endlich drittens hebt die im Muskelplasma verteilte Säure die Erregbarkeit auf, so daß der Muskel auch auf stärkste elektrische Reize schließlich nicht mehr reagiert, während der kontraktile Apparat selbst noch tätig sein kann, z. B. durch manche chemische Einwirkungen wie etwa Chloroform noch eine neue mit Milchsäurebildung einhergehende Starreverkürzung ausgelöst werden kann. Schon vor Jahren fand *Burridge* (15), daß man eine ähnliche Unerregbarkeit des Muskels bei Durchströmung seiner Gefäße mit 0,15—0,25proz. Milchsäure hervorrufen kann. Diese Konzentrationen fallen der Größenordnung nach mit denen zusammen, bei denen die Aufhebung der Erregbarkeit nach elektrischer Ermüdung erfolgt.

IV.

Milchsäurebildung und mechanische Leistung.

Das bisher gewonnene Bild läßt sich nun noch durch Vergleich der Milchsäurebildung mit der mechanischen Muskelleistung vervollständigen. Je nach den Bedingungen, unter denen man die Ermüdung des Muskels vornimmt, erhält man ein charakteristisches Ermüdungsmaximum der Milchsäure (*Fletcher* und *Hopkins* befanden sich irrtümlich in dem Glauben, das Maximum wäre unter allen Umständen dasselbe). Läßt man nun den Muskel sich gleichzeitig *isometrisch* kontrahieren, d. h. läßt man ihn gegen eine starke Feder anziehen, wobei seine Spannung zunimmt, während seine Länge sich nur ganz wenig ändert, und verzeichnet unter anaëroben Bedingungen seine sämtlichen isometrischen Kontraktionen bis zur Ermüdung, so kann man die hierbei vollbrachte Gesamtspannungsleistung berechnen und sie mit der angehäuften Milchsäure vergleichen. Um eine Vorstellung der Größen zu geben, führe ich an, daß ein Froschmuskel (Gastrocnemius) von 1 g Gewicht und 30 mm Länge anaërob im ganzen etwa 100 kg Spannung entwickeln kann bei Erzeugung von 3,5 mg Milchsäure. Bei diesen Versuchen zeigt sich nun ein weitgehender Parallelismus zwischen beiden Größen. Bei Hungertieren, ferner bei tiefen Temperaturen werden z. B. beide stark herabgesetzt. Umgekehrt sind beide besonders hoch bei frisch gefangenen

Herbstfröschen und bei Temperaturen zwischen 20° und 25°. Eine vollkommene Proportionalität besteht allerdings nicht, indem z. B. bei Erhöhung der Temperatur die Spannungsleistung etwas mehr zunimmt als die Milchsäurebildung. Ich möchte das mit der kürzeren Zuckungsdauer bei hohen Temperaturen erklären; denn bei tiefen Temperaturen (0°—8°), wo die Zuckung sehr viel träger erfolgt, entweicht wahrscheinlich schon bei der Kontraktion selbst ein Teil der langsamer entstehenden Milchsäure von den Verkürzungsorten und es wird dementsprechend mehr bis zum Erreichen einer gewissen Spannung gebraucht. Ähnlich scheint es sich bei fortschreitender Ermüdung zu verhalten: verlangsamte Zuckungsdauer mit etwas herabgesetztem „Nutzeffekt" der Milchsäurebildung. Das geht wenigstens aus der Kombination meiner eigenen Versuche mit solchen *Hills* hervor. Durch die Heranziehung von *Hills* Messungen der „initialen Wärmebildung", d. h. der Wärmebildung der Kontraktionsphase läßt sich der Vergleich von Milchsäure und isometrischer Leistung noch erheblich erweitern, nachdem sich mir unter den verschiedensten Umständen bestätigt hat, daß bei einer bestimmten Temperatur die Größe der initialen Wärmebildung stets der Ausdruck der Bildung einer ganz bestimmten Menge Milchsäure ist.

Und dies gilt insbesondere für eine theoretisch wichtige Frage, nämlich das Verhalten beider bei der isometrischen und isotonischen Kontraktionsform des Muskels. Im physikalischen Sinn wird natürlich nur dann eine Arbeit geleistet, wenn der Muskel sich tatsächlich verkürzt und dabei z. B. ein Gewicht über eine gewisse Strecke hebt. Die Kontraktion verläuft hier so, daß der Muskel zunächst in sich Spannung entwickelt, die dem Zug des Gewichts die Wage hält und, sobald die Spannung erreicht oder nur wenig überschritten ist, er sich unter Hebung des Gewichts und annähernd gleichbleibender eigener Spannung verkürzt: sog. *isotonische Kontraktion.* Lassen wir dagegen den Muskel gegen eine starke Feder anziehen, so daß er sich so gut wie gar nicht verkürzen kann, so entwickelt er nur Spannung: *isometrische Kontraktion.* Obwohl hierbei keine oder fast keine äußere Arbeit geleistet wird, ist dieser Vorgang doch physiologisch ein idealer Fall der Umwandlung von chemischer Energie in Arbeitsfähigkeit des Muskels. Denn unter dem Einfluß der Erregung erfolgt stets zunächst die Zunahme seiner Spannung in der Längsrichtung. Hindert man ihn nun daran, durch die Verkürzung sich seiner neuen elastischen Ruhelage zu nähern, so ist trotzdem die Wärmebildung die gleiche; und will man daher das Verhältnis von Wärme und Arbeit kennen, so braucht man nur die entwickelte Spannung zu messen und daraus zu berechnen, welche Arbeit der Muskel mit dieser Spannung geleistet haben würde, wenn er sich hätte verkürzen können. Dies Verfahren hat, wie *Hill* fand, nicht nur technische Vorteile, sondern auch theoretische, weil wir bei einer isotonischen Kontraktion praktisch nicht die maximale Arbeit des Muskels erhalten können. Diese würde nämlich dann geleistet, wenn das Gewicht, das während der Kontraktion am Muskel angreift, in jedem Moment gerade so groß wäre, wie die Spannung, die der Muskel in dem jeweiligen Verkürzungsgrad maximal entwickeln kann. Diese Spannung nimmt aber während der Verkürzung ab. Um die maximale Arbeit zu erhalten, müßte also der Muskel an einer sich während der Kontraktion dauernd verringernden Last angreifen.

Statt diesen kaum durchführbaren Versuch auszuführen, lösen wir die Aufgabe nur prinzipiell, indem wir ermitteln, wie groß die Spannung ist, die der Muskel bei jeder Länge (während der Verkürzung) entwickeln kann. Mit diesen Daten entwerfen wir von ihm ein Spannungslängendiagramm. Der Flächeninhalt dieses Diagramms stellt die Arbeitsleistung dar, die ein Muskel im Idealfall auf einen Reiz hin hätte vollbringen können. Die in dem Muskel entwickelte potentielle Energie, die ihn in eine neue elastische Ruhelage zwingt, ist, wie bei einem gedehnten elastischen Körper, sowohl seiner Länge wie seiner Spannung proportional und stellt einen gewissen Bruchteil ihres Produkts dar. Wir müssen daher nur ermitteln, welcher Bruchteil von der Gesamtfläche (ursprüngliche Länge des Muskels × maximaler isometrischer Spannung) das von uns aufgenommene Spannungslängendiagramm ist. So ergibt sich bei Muskeln mit parallelen Fasern nach *Hill* das Verhältnis beider Flächen zu etwa ½. Beim Gastrocnemius fand ich gegen ⅛, wobei man allerdings, nicht ganz ohne gewisse Hilfsannahmen verfahren kann. *Hills* Ergebnis war, daß bei anaërober isometrischer Kontraktion maximal etwa 100% der gesamten Energie in Arbeit umgewandelt werden kann. Diesen Befund konnte ich bestätigen, indem ich in meinen Versuchen für die gebildete Milchsäure den Wert der Wärmetönung der Milchsäurebildung bei Einzelreizen (350 cal pro 1 g Milchsäure) einsetzte und diesen mit der gesamten Arbeit des Muskels verglich, die aus Gesamtspannungsleistung und Länge berechnet und in cal ausgedrückt wurde. Auch dann ergab sich ein „Wirkungsgrad" von 70—100%. Das ist nicht überraschend, wenn wir berücksichtigen, daß ja nur etwa 40% der gesamten Wärme in der Arbeitsphase frei werden und mithin unser Resultat einen Nutzeffekt der Muskelmaschine auf die gesamte Kontraktion bezogen (Arbeits- + oxydative Erholungsphase), von 30—40% bedeutet; und wir haben ja in unseren Versuchen tatsächlich den Wirkungsgrad für eine ideale Arbeitsleistung berechnet.

Das Ergebnis hat vor allem ein theoretisches Interesse, weil es zeigt, daß nur solche Energieform

für die Verwandlung in mechanische Arbeit in Betracht kommt, die vollständig umgewandelt werden kann. Für die Wärme gilt das bekanntlich nicht, und *der Muskel ist daher keinesfalls eine Wärmemaschine*, was von schlecht unterrichteten Biologen immer von neuem zu begründen versucht wird. Dagegen würde sowohl Quellungsenergie wie Oberflächenenergie dieser Bedingung Genüge leisten. Einen gewissen Fingerzeig gibt uns nun der Vergleich der isometrischen und isotonischen Kontraktion, auf den wir hier wieder zurückkommen. *Hill* fand, daß bei gleichem maximalen Reiz die initiale Wärmebildung bei isotonischer Kontraktion etwa 30% geringer ist als bei isometrischer Zuckung. Als Ursache hierfür aber stellte ich fest, daß im ersteren Fall eine ums gleiche geringere Milchsäurebildung auftritt. Hierfür gibt es zwei Erklärungsmöglichkeiten, indem entweder das Ausbleiben der aktiven Spannung oder aber die Verkürzung selbst die Ursaehe der Verringerung ist. Warum nun die durch die Milchsäure ausgelöste Spannung als solche ihre Bildung vermehren soll, ist nicht leicht einzusehen. Dagegen würde es sehr anschaulich sein, warum die Verkürzung die Milchsäurebildung verringert. Denn nach *Hürthle* (16) und anderen Autoren verkleinern die kontraktilen Elemente bei der Verkürzung nur ihre Oberfläche, während ihr Volumen konstant bleibt. Entsteht nun die Milchsäure an den sich verkürzenden Oberflächen und reichert sich hier bei der auf die Erregung folgenden Umsetzung stets bis zu einer gewissen Sättigungskonzentration an, so muß durch die Verkleinerung der Oberflächen der Prozeß früher zum Stillstand kommen.

V.

Ausblicke auf die Theorie der Kontraktion.

Während wir bisher nur die Tatsachen und die sich aus ihnen mit einiger Wahrscheinlichkeit ergebenden Folgerungen haben zu Worte kommen lassen, machen wir mit jedem Versuch, aus ihnen eine Theorie der Kontraktion zu entwickeln, einen vollkommenen Sprung ins Dunkle. Denn einmal fehlen uns zweifellos wichtige Zwischenglieder der Energietransformation und dann ist auch das Bild der Strukturänderung im Muskel recht wenig bekannt. Hierüber wissen wir nur, daß bei freier Kontraktion die Doppelbrechung der sich verkürzenden Fibrillenabschnitte (auf gleiche Schichtendicke bezogen) abnimmt, während sie bei isometrischer Kontraktion zunimmt. Während dies letztere sich ohne weiteres aus der Spannung erklärt, muß für das erstere eine besondere Ursache in Frage kommen. Nun handelt es sich hier sehr wahrscheinlich um eine Stäbchendoppelbrechung im Sinne *Wieners* (17) und *Ambronns* (18). Damit werden wir auf eine submikroskopische Anordnung der kontraktilen Elemente und ihre Änderung bei der Verkürzung hingewiesen, die die verschiedensten Deutungen gestattet. Denn diese Doppelbrechung kommt im reinen Fall dadurch zustande, daß eine feste isotrope Substanz in regelmäßiger Stäbchenanordnung in einer ebenfalls isotropen Flüssigkeit von verschiedenem Brechungsvermögen eingelagert ist. Sehen wir ganz davon ab, daß sie mit einer Eigendoppelbrechung der Stäbchensubstanz kombiniert sein kann, so kommt als Ursache der Verringerung der Doppelbrechung in Betracht erstens Verringerung der Differenz der Brechungsindizes der beiden Substanzen, zweitens Vergrößerung der Volumendifferenz von beiden (sie ist am größten, wenn die Volumina beider Komponenten gleich sind), drittens Deformierung der Stäbchen oder Nachlassen der Regelmäßigkeit ihrer Anordnung. Jedes hiervon ist in unserm Fall möglich. Handelt es sich aber bei den letzten kontraktilen Elementen um Gebilde dieser Größenordnung — und das darf immerhin als wahrscheinlich betrachtet werden —, dann ist auch zwischen Oberflächenwirkungen und einer inneren Wasserverschiebung kaum noch streng zu unterscheiden; denn auch erstere müssen sich notwendig in eine gewisse Tiefe erstrecken. Eine einfache Quellung kann den Vorgang ja keinesfalls erklären, auch nicht, wenn man die Quellung dieser submikroskopischen Elemente in einem zweiten Medium annimmt, wie es kürzlich *v. Fürth* getan hat (19). Die Verkleinerung der jeweiligen Oberfläche bedarf stets einer besonderen Ursache.

Ja, daß *die Milchsäure selbst die Verkürzungssubstanz* ist und nicht unbekannte Zwischenkörper bei ihrer Bildung oder umgekehrt ein Stoff, den die Milchsäure erst in Freiheit setzt, ist im strengen Sinne nicht bewiesen. Immerhin darf dies wenigstens *mit hoher Wahrscheinlichkeit angenommen werden.* Die ganz seltsame Aufspaltung des Atmungsvorgangs bei der Kontraktion an jener Stelle, wo eine maximale Menge Wasserstoffion zur Verfügung steht, ist nur dadurch erklärlich, daß eben das H-Ion in den Dienst des Kontraktionsvorganges tritt. Irgendein anderer Vorteil der Säurebildung für den Muskel ist nicht erkenntlich. Auch wenn man dieses teleologische Argument nicht gelten lassen will, kann man doch jedenfalls das sagen, daß keine einzige Tatsache bekannt ist, die der Annahme widerspricht, die Milchsäure sei die die Verkürzung verursachende Substanz, während umgekehrt der auffällige Parallelismus zwischen der Säurebildung und der isometrischen Spannungsleistung stark zugunsten dieser Vorstellung spricht. Es kann nur unsere Aufgabe bleiben, die hier klaffende Lücke durch weitere Experimentalforschung aufzuklären. Dazu kann das hier entworfene Bild von Nutzen sein, da es — in seinen Einzelheiten vielleicht noch korrekturbedürftig — in seinen Grundzügen als gesichert betrachtet werden kann.

Literatur.

1. *O. Meyerhof.* Pflügers Archiv f. Physiol. *175.* 20, 88. 1919 und *182.* 232, 284. 1920.

2. *A. V. Hill.* Zusammenfassung: Asher-Spiros Ergebnisse der Physiologie. 1916. Bd. XV. S. 340.
3. *V. Weizsäcker.* Pflügers Archiv *147,* 1912 u. Heidelberger Akad. d. Wiss. 1917. B. Heft 2.
4. *Fletcher* u. *Hopkins.* Journ. of physiology. 1906/07. *35.* S. 247
5. *Verzàr.* Journ. of physiology 1912. *44.* S. 243.
6. *Parnas* u. *Wagner.* Biochemische Zeitschrift *61,* 1914. S. 387.
7. *Parnas.* Centralblatt f. Physiologie 1915. Bd. *30.* S. 1.
8. *O. Meyerhof.* Pflügers Archiv. *146.* 1912. Heidelberger Akad. d. Wiss. 1912. Abt. B.
9. *A. V. Hill.* Journ. of physiology. *46.* 1913. S. 28.
10. *Laquer.* Z. f. physiolog. Chemie. *93.* 1914/15. S. 60.
11. *Embden* u. *Laquer.* Z. f. physiol. Chemie. *93.* 1914/15; *98.* 1916.
12. Zusammenfassung: *Harden.* Alcoholic. Fermentation. London 1911.
13. *O. Meyerhof.* Z. f. physiol. Chemie 1918. *101.* S. 165; 1918. *102.* S. 1. Zusammenfassung: „Naturwissenschaften". Bd. 7. H. 16. S. 253.
14. *Peters.* Journal of physiol. *47.* S. 243. 1913/14.
15. *Burridge.* Journ. of physiol. *41.* 1910. S. 285.
16. *Hürthle.* Pflügers Archiv. 1909. *126.* S. 1.
17. *Wiener.* Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. *61/62;* 1909. S 113. Abhdlg. d. sächs. Ges. d. Wiss. *62.* S. 507. 1913.
18. *Ambronn.* Z. für Kolloidchemie. 1916. Bd. *17.* S. 90. S. 273.
19. *A. v. Fürth.* Asher-Spiros Ergebnisse d. Physiol. 1919. Bd. *17.* S. 363.

Besprechungen.

Giua, Michele und Clara Giua-Lollini, Combinazioni chimiche fra metalli. Mailand, Ulrico Hoepli, 1917. XVI, 446 S. mit 207 Fig. Preis geh. L. 12,50.

Wer die Literatur der anorganischen Chemie mit Aufmerksamkeit verfolgt, wird bemerkt haben, daß dieser Wissenszweig in Italien eifrige Pflege findet. Zahlreiche Forscher sind dort beschäftigt, die anorganischen Probleme zu fördern, z. T. durch rein präparative und analytische Arbeit, z. T. unter Benutzung physikalisch-chemischer Methoden. Bei fast allen diesen Untersuchungen zeigt sich sachliche Kritik, Sicherheit der Methodik, Zuverlässigkeit der Ausführung, Beherrschung der Literatur, kurz alles das, was man in der Kunst als „gutes Handwerk" zu bezeichnen pflegt und was für eine erfolgreiche Förderung der Wissenschaft immer Grundlage war und auch immer bleiben wird.

„Gutes Handwerk" ist auch das Kennzeichen eines Werkes des Ehepaares *Giua,* das durch einen Preis des Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettere ausgezeichnet und auch bereits ins Englische übersetzt ist. Es behandelt die Verbindungen der Metalle untereinander, also ein Gebiet, das erst in den letzten 20 Jahren der Chemie erschlossen wurde. — Der erste „allgemeine" Teil wird durch einen Abschnitt über die Zustandsdiagramme binärer Systeme (1) und die thermische Analyse (2) eingeleitet. Unter dem Titel „Natur der Metallverbindungen" (3) werden behandelt: Begriff der chemischen Verbindung (insbesondere der chemischen Verbindung wechselnder Zusammensetzung) im Anschluß an die Phasenregel, die Regeln von *Tammann* über die Fähigkeit der Metalle zur Bildung von Verbindungen, die Dissoziation dieser Verbindungen und ihre Existenz im Gaszustand. Ein umfangreicher Abschnitt (4) schildert dann die bisher bekannten physikalischen Eigenschaften der binären Metallverbindungen unter besonderer Berücksichtigung ihrer jeweiligen Anwendbarkeit zur Aufklärung der Konstitution binärer Legierungen; hier sind auch die mineralischen Metallverbindungen aufgenommen.

Im speziellen Teil (5) werden zunächst die binären Verbindungen der Metalle untereinander, vorwiegend auf Grund der Erstarrungsdiagramme binärer Schmelzen geschildert. Die Anordnung ist dabei so getroffen, daß an erster Stelle die Verbindungen der Metalle ein und derselben Vertikalspalte des periodischen Systemes stehen, worauf dann die Verbindungen von Metallen der ersten Spalte mit denen der weiteren Gruppen folgen usw. Etwas aus dem Rahmen der Überschrift fallend ist der nächste Abschnitt (6), der die „heteropolaren" intermetallischen Verbindungen behandelt, also die Boride, Carbide, Silicide, Phosphide, Arsenide, Sulfide, Selenide und Telluride der Metalle, die allerdings in vielen Fällen den eigentlichen (homöopolaren) intermetallischen Verbindungen ähnlich sind, insbesondere aber nach Art ihrer Darstellung und Untersuchung mit ihnen übereinstimmen. Der Schlußabschnitt (7) enthält die Theorie der ternären Metallverbindungen und die wenigen bisher gründlich untersuchten Systeme. Eine Anzahl von Tabellen — unter anderen auch ein Verzeichnis der binären Systeme, in denen *keine* Verbindungen auftreten — sowie gute Register beschließen den Band.

An der Entwicklung des hier behandelten Gebietes hat die thermische Analyse ohne Zweifel den größten Anteil; es ist deswegen berechtigt, wenn die Verfasser sie allen Ausführungen zugrunde legen. Durch die Wiedergabe zahlreicher experimentell ermittelter Erstarrungsdiagramme bietet dies Werk einen weit über seinen Titel hinausreichenden Stoff, wenngleich alle binären Systeme, in denen (zufällig) keine echten chemischen Verbindungen in festem Zustande auftreten, fehlen. Durch die Hervorhebung der Ergebnisse der thermischen Analyse sind die anderen physikalischen und besonders die chemischen Methoden zur Untersuchung der Metallverbindungen etwas stark in den Hintergrund geraten, vornehmlich fehlt die kritische Beleuchtung der älteren Forschungsergebnisse, die allerdings dem Werk seine Übersichtlichkeit leicht hätten rauben können. Eine gewisse Willkür steckt auch in dem Abschnitt über die heteropolaren Metallverbindungen; wenn schon die Zustandsdiagramme der binären Systeme von Metall mit C, Si usw. gegeben werden, so darf auch das Wichtigste von allen — Eisen-Kohlenstoff — nicht mit einigen flüchtigen Worten abgetan werden. — Im ganzen handelt es sich hier also nicht um ein mit allen Einzelheiten beladenes Handbuch, sondern um eine Schilderung des jetzt geltenden Zustandes unserer Kenntnisse von Metallverbindungen. — Die Ausstattung des Werkes ist vortrefflich, insbesondere ist der große, klare Druck hervorzuheben. Ein zweifarbiges Titelblatt weckt wehmütige Erinnerungen an die Zeiten, die auch der Wissenschaft Anspruch auf einen bescheidenen Luxus nicht versagten.

J. Koppel, Berlin-Pankow.

Giua, Michele, Chimica delle sostanze esplosive. Mailand, Ulrico Hoepli, 1919. XVI, 556 S. mit 83 Fig. und 7 Tafeln. Preis geh. L. 28,—.

Die *chemischen Gesichtspunkte* sind bei diesem Werk durchaus in den Vordergrund gerückt. Der

erste Abschnitt enthält außer Definitionen, historischen Notizen und den Grundgesetzen eine zusammenfassende Besprechung der Erscheinungen des Explosionsvorganges (Wärme, Druck, Geschwindigkeit, Temperatur, Gasvolumen der Explosion). Der zweite Abschnitt ist den *chemisch einheitlichen Sprengstoffen* gewidmet; es sind dies in der aliphatischen Reihe (neben einigen Nitroderivaten des Methans usw.) hauptsächlich die Nitrate mehrwertiger Alkohole (Nitroglycerin, die Nitrozuckerarten, Nitrozellulosen), in der aromatischen Reihe die Nitroderivate von Benzol, Toluol, Phenol, Anilin, Naphthalin usw. (Trinitrotoluol, Pikrinsäure). Außer dem eigentlichen Explosivstoffen werden auch ihre chemischen Verwandten sowie die dazugehörigen Ausgangs- und Zwischenprodukte eingehend nach Darstellung, Konstitution, physikalischen, chemischen und physiologischen Eigenschaften beschrieben; bei den industriell wichtigen Stoffen ist auch ihre Technologie weitgehend berücksichtigt. — Mit den *Explosivgemischen* beschäftigt sich der dritte Abschnitt; hierher gehören die Dynamitarten, die rauchschwachen Pulver sowie die Nitrat-, Chlorat- und Perchloratsprengstoffe, von denen zahlreiche Zusammensetzungen mitgeteilt werden. — Nach einer kurzen Besprechung explosibler Gase folgt im fünften Teil die Schilderung der Stickstoffhalogenide, der Fulminate, der Azide und einiger anderer jener höchst labilen Verbindungen, die z. T. als Initialzündstoffe Verwendung finden. Ein Abschnitt über die physikalische, chemische und technologische Prüfung der Sprengstoffe sowie der zu ihrer Herstellung dienenden Rohmaterialien schließt den Band ab.

Die Schreibart des Verfassers ist klar und übersichtlich; sie verliert sich nicht in technische Einzelheiten und gibt doch ein anschauliches und eingehendes Bild vom Werden und Wirken der Sprengstoffe. *Giua's* Werk, das mit vielen guten Abbildungen und Tafeln geschmückt ist, wird nicht nur den Herstellern und Benutzern der Sprengstoffe ein treuer Ratgeber sein können, sondern es wird sich besonders auch allen Chemikern von Nutzen erweisen, die der Frage nach dem Zusammenhang zwischen Konstitution der chemischen Stoffe und ihrer Explosibilität nachspüren. *J. Koppel, Berlin-Pankow.*

Bianchi, Umberto, Il Selenio. Mailand, Ulrico Hoepli, 1919. VIII, 136 S. und 37 Abbildungen.

Das Buch ist als ein Bändchen der „Manuali Hoepli" erschienen und gibt eine knappe Übersicht über die Eigenschaften des Selens und seine praktischen Verwendungen. Besonders eingehend wird die Phototelephonie, die Photometrie mit Hilfe des Selens und die Bildtelegraphie mit Selen im Geber besprochen. Mit Rücksicht auf die Absicht des Verfassers, recht populär zu sein, wird man an die Präzision der Darstellung des gebotenen Stoffes keinen allzu strengen Maßstab anlegen. Einige unangenehme Versehen sollten indessen vermieden werden; so heißt es auf S. 2: Das Selen wurde von *Berzelius* im Jahre 1871 entdeckt; das ist kein Druckfehler, da sich das gleiche Versehen auf S. 127 wiederfindet, mit der Bemerkung, daß der Verfasser bis zu der Entdeckung der Lichtempfindlichkeit des Selens durch *May* und *Smith* im Jahre 1873 über das Selen keine Literatur gefunden hat. Außer der Entdeckung des Selens, die im Jahre 1817 durch *Berzelius* stattfand, hätte zweifellos die wichtige Arbeit *Hittorfs* aus dem Jahre 1851 hier erwähnt werden müssen. Am Ende des Bändchens befindet sich ein Literaturverzeichnis, das sehr dankenswert, aber nicht vollständig ist.

A. Korn, Berlin-Charlottenburg.

Oppenheimer, Carl, Kleines Wörterbuch der Biochemie und Pharmakologie. Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, Walter de Gruyter & Co., 1920. 288 S. Preis geb. M. 16,—.

Für die Leser der Naturwissenschaften dürfte eine Neuerscheinung in *Veits* Sammlung wissenschaftlicher Wörterbücher von Interesse sein, auf die hiermit aufmerksam gemacht werden soll. Es handelt sich um ein kleines Wörterbuch der Biochemie und Pharmakologie. In wissenschaftlichen Abhandlungen, die für einen weiteren Leserkreis berechnet sind, lassen sich auch bei allgemeinverständlichster Darstellung und populärster Ausdrucksweise bestimmte Fachausdrücke nun einmal nicht vermeiden, und wohl jeder Nichtfachmann in der behandelten Materie wird zuweilen das Bedürfnis nach einem kleinen Führer für derartige Fälle empfunden haben. Gerade die beiden Gebiete Biochemie und Pharmakologie mit ihren Grenzdisziplinen weisen eine derartige Unzahl von Begriffen und Bezeichnungen auf, daß selbst der Fachvertreter gelegentlich im unklaren über deren Bedeutung sein kann. Selbstverständlich kann ein Wörterbuch im vorliegenden Umfang, was hier helfen soll, nicht immer erschöpfende Orientierung bieten, aber es kann erforderlichenfalls ein Nachschlagen in Lehr- und Handbüchern wesentlich erleichtern. Das Werkchen erweist sich m. E. außer bei der Lektüre auch besonders wertvoll den nicht allgemein biologisch und medizinisch vorgebildeten Naturwissenschaftlern, die sich mit biologischen Fragen beschäftigen wollen, insofern sie sich hier schnell und oft hinreichend über biologische und medizinische Begriffe orientieren können. Nicht minder findet der Mediziner zuverlässigen Aufschluß über biochemische und vor allem pharmakologische Stoffe, bei Anführung chemisch und pharmakologisch wichtiger meist unter Angabe der chemischen Zusammensetzung resp. der Konstitutionsformeln. Aufgenommen sind ferner alle giftigen und heilkräftigen Pflanzen und Tiere sowie die Grundtatsachen der Immunitätslehre. Das Büchlein erhebt selbstverständlich keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die einzelnen Angaben sind prägnant und trotz ihrer Kürze oft erschöpfend mit Berücksichtigung der neuesten Forschungsergebnisse. Richtig benutzt, wird es seinen Zweck vollauf erfüllen; es sei angelegentlichst empfohlen. *P. Junkersdorf, Bonn.*

Der derzeitige Stand der Anschauungen über die Ursachen der Gebirgsbildung.

Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts war die Entstehung der Gebirge in einer Anzahl von Lehren behandelt worden, unter denen die von *Sueß* und *Heim* vertretene eine entschiedene Vorherrschaft ausübte (Überblick in *S. Günthers Handbuch der Geophysik II*, S. 856). Dieser Zustand wurde in der Folgezeit durch die Fortschritte der Geologie, der Petrographie, der Erdbebenforschung, der Schweremessung usw. wesentlich geändert. Neuere Ergebnisse erschütterten die herrschenden Auffassungen, rückten die anderen Theorien mehr in den Vordergrund (vgl. z. B. *v. Richthofen, Über den Ursprung der vulkanischen Gesteine* 1869 und die Forschungen *Tammanns Über Kristallisieren und Schmelzen* 1903) oder gaben zu ganz

neuen Anschauungen Veranlassung (*Deecke, Böhm v. Böhmersheim, Wegener,* siehe unten). Die ganze Frage befindet sich zurzeit mehr in Fluß denn je. Einen zeitweiligen Ruhepunkt in dem vor sich gehenden Austrage der Meinungen bedeutet die Arbeitshypothese des Geologen *K. Andrée,* die er im Anschluß an eine Kritik der Haupttheorien in einer Vortragsreihe entwickelt und unter Anziehung reichlicher Literatur in seinem Buche *über die Bedingungen der Gebirgsbildung,* Berlin 1914, niedergelegt hat. U. a. hat auch *Stille* die Ergebnisse seiner Forschungen im Rahmen des Ganzen in einem Vortrage *„Tektonische Evolutionen und Revolutionen in der Erdrinde"* zum Ausdruck gebracht (Besprechung in den *Naturwissenschaften* 1914, S. 163). Kürzere mehr oder weniger vollständige Zusammenfassungen brachte der *Geographische Anzeiger,* der zuletzt im Jahrg. 1918, Heft 5/6, einen Bericht *Mendelsohns, Probleme der Gebirgsbildung* mit Anwendung neuerer Anschauungen auf geologische Befunde enthielt. Im folgenden soll versucht werden, vornehmlich in Anlehnung an *Andrée* in kürzester Fassung über den derzeitigen Stand und seine Entwicklung zu berichten.

Die alte *plutonische Erhebungstheorie* (*v. Buch, v. Humboldt*), die Lehre von der blasenförmigen Emporwölbung horizontaler Schichten durch den Vulkanismus, die, was die Vulkane selbst anlangt, der Lyellschen Aufschüttungstheorie hat weichen müssen, mit Bezug auf die Kettengebirge aber von *Sueß* beseitigt worden ist, hat durch den Nachweis der Lakkolithen (*Holmes, Gilbert*) und der daraus folgenden aktiven vulkanischen Schollenhebung eine Auferstehung in engeren Grenzen erlebt. Nicht nur hinsichtlich der räumlich beschränkten lakkolithischen Stöcke (z. B. Granulitgebirge), sondern sogar in Anwendung auf Kettengebirge (*Deecke* setzt für den Aufbau der Alpen vulkanische Hebungskräfte in Rechnung). Diese kryptovulkanischen Erscheinungen bilden den Übergang von den rein vulkanischen gebirgsaufbauenden Kräften (Ätna, Hawaii) zu den eigentlichen tektonischen Vorgängen, welche als radial und säkular wirkende epirogenetische Vorgänge Meere und Kontinente gestalten, als tangential und episodisch wirksame orogenetische die große Masse der Gebirge erzeugen. Vorzugsweise an die letzteren knüpft sich die Erforschung der Ursachen der Gebirgsbildung. — Die *Kontraktions- oder Schrumpfungstheorie* (*Elie de Beaumont* 1829 und 1852) besagt, die Gebirgsbildung entspreche der Runzelung der erkalteten äußeren Kruste, die sich dem infolge weiterer Abkühlung schrumpfenden Erdinneren anzupassen suche, die Gebirge selbst seien durch tangentiale Spannung (Gewölbespannung) passiv zusammengeschobene Erdrindteile. Aus dem Wechsel zeitweilig erreichten Gleichgewichtes und der mit der weiteren Abkühlung immer wieder einsetzenden Gleichgewichtsstörungen leitete *Sueß* das Drama des Zusammenbruches der Erdkruste ab, das in von Ruhepausen unterbrochenen Akten gesteigerter Bewegung verläuft, wie es die Erdgeschichte lehrt. Die Kontraktionslehre stimmt gut überein mit der Nebularhypothese über die Entstehung des Erdkörpers; gegen sie sprechen aber Gründe physikalischer, geologischer und geographischer Natur: Die geringe Druckfestigkeit der Gesteine verbietet die Annahme des für den Zusammenschub erforderlichen tangentialen Gewölbedruckes, und fordert vielmehr ein Schwimmen der Kruste auf magmatischer Unterlage. Der Bau der Gebirge entspricht nicht allgemeinem gleichmäßigen tangentialen Drucke, auch fehlt die zu fordernde allgemeine gleichmäßige Runzelung der Erdoberfläche. — Einem anderen Versuche *Elie de Beaumonts* folgend haben dann *Owen, Lowthian Green* und andere seit mehr als 30 Jahren in der *Tetraederhypothese* aus der Abkühlung und Kontraktion die Verteilung von Wasser und Land gesetzmäßig zu begründen versucht, indem sie von der Überlegung ausgingen, daß die schrumpfende Kugel sich bei gleichbleibender Oberfläche der Form eines Tetraeders nähern müsse, und die heutige Anordnung von Festland und Meer mit den Flächen und Kanten dieses Körpers in Übereinstimmung zu bringen suchten. Gegen die Hypothese, die übrigens bei Gültigkeit der Kant-Laplaceschen Anschauung nur für die ersten Phasen der Erdgeschichte in Frage kommen kann, sprechen die geringe Druckfestigkeit der Gesteine und das Vorherrschen gebogener Gebirgs- und Küstenlinien. Den letzten Punkt berücksichtigt in höherem Grade *Deecke,* der in den immer wiederkehrenden gleichen Winkeln, Bögen und Dimensionen der Küsten, Gebirge und Vulkanreihen die Folgen einer kreiszylindrischen *Kontraktionsklüftung* bei Erstarrung erblickt. Der Nachweis bedeutender Wärmeproduktion durch radioaktive Körper im Innern der Erde ergibt übrigens eine der Abkühlungshypothese ungünstige Wärmebilanz und rüttelt damit an den Grundfesten der Kontraktionstheorie und ihrer Weiterbildungen. Von einem anderen physikalischen Vorgange, der abnehmenden *Erdabplattung* geht die Theorie *Böhm v. Böhmersheims* aus: Die Reibung der Gezeitenwelle vermindert die Rotationsgeschwindigkeit der Erde und daher ihre Abplattung, die im Beginne des Präkambriums das Zehnfache des heutigen Wertes betragen haben soll. Bei dem Übergang vom stark abgeplatteten Ellipsoid zur inhaltsgleichen Kugel schmiegt sich die Rinde der neuen Gestalt leichter als das unter hohem Druck stehende Innere. Die hieraus folgenden Verschiebungen der Rinde betreffen zuerst die bewegliche Wasserhülle (Transgressionen), dann die starre obere Haut und ihre plastische Unterlage. Jene reagiert durch Faltung, die angesammelten Spannkräfte dieser nach Überwindung des Widerstandes durch Vulkanismus und Schollenbewegungen. Die Bewegungen sind polwärts gerichtet (Transgressionen nach höheren Breiten hin; Überschiebungen und Deckenbildungen nach Norden; ostwestliche Faltengebirge) und erreichen ein Maximum der Intensität in mittleren Breiten (großer Bruch- und Faltungsgürtel). Die Verschiebung der starren Haut in Zonen höherer Breite und abnehmender Fläche geben zur Bildung auch meridionaler Gebirge Anlaß. Entsprechend der parallel der Abplattung abnehmenden Intensität der Verschiebung klingen auch die gebirgsbildenden Folgeerscheinungen im Laufe der Erdgeschichte ab. Es läßt sich nicht leugnen, daß diese Hypothese geographisch und geologisch manches Bestechende enthält, wie nach *Mendelsohn* das Beispiel des Erzgebirges veranschaulicht (siehe Tabelle auf Seite 707 oben). Sie trifft aber die Gesamtheit der Erscheinungen ebenso wenig wie die bisher angeführten Theorien; auch ist sie geophysikalisch nicht hinreichend begründet (unwahrscheinliche Werte der Abplattung; unbegründete Voraussetzungen über das Erdinnere und den Mechanismus der Deformation). — Scheidet die allen genannten Auffassungen eigene Gewölbespannung aus, so liegt es nahe, die Ursache der Gebirgsbildung nicht in allgemein an der Oberfläche verbreiteten Vorgängen, sondern in örtlichen zu suchen und die Gebirge als aus eigener Kraft gehobene Erdstreifen aufzufassen. Dies hat *Reyer* in der *Gleitungstheorie* getan (1888,

Zeit	Bewegungen	Geologische Folgen	Gebirge	Bewegungsrichtung
Unter-, Mittel-, Ober- Devon	der Wasserhülle des Sima	Transgression, Diabase		
			Granulitgebirge	
Unter-, Mittel-, Ober- Karbon, Unter. Rotliegendes	des Sima	Intrusionen der unteren Gneise; Intrusionen der jüngeren Granite, Porphyre u. Tuffe	Erzgebirge (herzynisch)	
Trias, Unter-, Mittel-, Ober- Jura	der Wasserhülle	mesozoische Transgression		
	des Sal	Faltung der paläozoischen und mesozoischen Sedimente	Erzgebirge (kimmerisch)	
Unter-, Ober- Kreide	der Wasserhülle	Transgression		
Oligozän	des Sal und des Sima	Tektonische Bewegungen	Bruchstufe des Erzgebirges	
Miozän		Phonolithe, Basalte, Trachyte	Mittelgebirge, Duppauer Gebirge	

1907), nach der die Sedimente unter dem Einflusse der Schwere auf geneigter Unterlage abgleiten, wobei sie sich zu Falten aufstauen (vgl. im kleinen die „subaquatischen Rutschungen" *A. Heims*). Die zur Herstellung des Gefälles erforderliche Erhebung wird von *Reger* ohne hinreichende Begründung in einer thermalen Schwellung, von den *Reyer* im übrigen zustimmenden Anhängern der tangentialen Gewölbespannung aber in einer normalen Falte gesucht, deren Flanken jede für sich ein Abgleiten der Gesteinsserien, Überfaltungen, Überschiebungen und ein Abreißen von der Wurzel herbeiführen (*Schardt, Penck, Lepsius*). *Reyers* Anschauung ist die erste, welche der von *Sueß* hervorgehobenen Einseitigkeit der Gebirgsbewegung Rechnung trägt. — *Dana, Reade* und *v. Richthofen* suchen die örtliche Ursache aktiver Gebirgsbildung in der Temperaturerhöhung und der dadurch bedingten Volumenvermehrung eines Stückes Erdrinde (*thermische oder Expansionstheorie*). Alle Faltengebirge bestehen aus marinen Sedimenten sehr großer Mächtigkeit (Rocky Mountains 18 km), deren Gesteinscharakter aber meist auf geringe, seltener auf größere Meerestiefen hinweist (*Hall* 1859). Die Sedimente sind also in sinkenden Sammeltrögen, in Geosynklinalen (*Dana*) abgelagert worden. Die sinkenden Ablagerungen geraten in Regionen immer höherer Temperatur und müssen sich ausdehnen. Dies geschieht, da es nach den Seiten hin unmöglich ist, unter Auffaltung nach oben. Dagegen ist jedoch einzuwenden: das Fehlen metamorpher Veränderungen durch Druck, Hitze oder Kontakt des Magma, der Mangel an Faltung bei vielen mächtigen Sedimenten (Old red), die stets vorhandene Konkordanz an Stelle der stets zu fordernden Diskordanz. Der Grundgedanke der thermischen Gebirgsbildungstheorie bleibt indessen bestehen, der Zusammenhang zwischen Faltengebirge und Geosynklinale, dem Sammeltroge, dessen wesentlichste Eigenschaft nicht seine Tiefe ist, sondern das wechselnd schnelle, manchmal unterbrochene Weitersinken des Bodens. Die Faltengebirge sind demnach nicht aus der Tiefsee, sondern aus der von Inseln, Kesseln und Rinnen unterbrochenen Flachsee (*Deecke*), und zwar sowohl aus interkontinentalen Mittelmeeren als aus Randmeeren und Schelfseen entstanden (*Andrée*). — Eine Vermittelung des Gegensatzes zwischen Kontraktions- und Expansionstheorie strebte *Rothpletz* an (1902).

Die hauptsächlich von *Dutton* vertretene Lehre vom Gleichgewichtszustand oder der *Isostasie* der Erdkruste, nach der die Sedimentation ein Einsinken des belasteten Meeresbodens und ein Aufsteigen der entlasteten Kontinente unter Faltung der Sedimente hervorruft, verlegt die Ursache der Gebirgsbildung in exogene Vorgänge. Sie macht manche geologische Erscheinungen, z. B. die mit den Vereisungen einhergehenden Niveauveränderungen verständlich, doch ist ihr bei der Gebirgsbildung nur eine untergeordnete Rolle zuzuschreiben (*Ampferer, Andrée*).

Soviel über die Haupttheorien zur Erklärung der Gebirgsbildung, ihre Vorzüge und Mängel. Sie vermögen jede für sich die Frage nicht restlos zu lösen, enthalten aber neben manchem, was endgültig über Bord zu werfen ist, doch viel Material für den Aufbau des noch ausstehenden Lehrgebäudes und für die einstweilige *Arbeitshypothese Andrées*, der wir im weiteren folgen.

Andrée sucht folgende Punkte aufzuklären: die Labilität der der Gebirgsbildung unterworfenen Erdrindenstreifen und den Wechsel von Hebung und Senkung, die Lokalisierung der Gebirgsbildung, den überwiegend einseitigen Bau und die Bogenform der Gebirge. Über die grundlegenden Erfahrungen über das Erdinnere vergleiche man die erwähnte Besprechung. Nachzutragen ist hier nur die von *Wiechert* geforderte „plastische Schicht" der Lithosphäre, die

in einer Tiefe von 100 bis 200 km liegt, ein erheblich geringeres Widerstreben gegen Formveränderungen zeigt, nach den Forderungen der Petrographen von einheitlichem, wiewohl differenziertem Magma (*Bergeat*) und bei Annahme örtlich wechselnder Druckverhältnisse mit den Magmareservoiren *Stübels* und mit *Reyers* Anschauung über Spaltenbildung, Druckentlastung und Verflüssigung in Zusammenhang zu bringen ist. Am gleichen Orte wurde auch der Wegenerschen Auffassung gedacht, nach der die leichteren Salschollen der Kontinente in der schwereren Simaunterlage schwimmen, derart, daß zwischen Vertikalzylindern der Kontinentaltafel und der meerbedeckten ozeanischen Kruste Gleichgewicht oder Isostasie besteht. Der in gleichen Höhen vorhandene Druckunterschied vermindert sich nach der Tiefe zu, um endlich in einer Ausgleichsfläche zu verschwinden, die zwischen 50 und 200 km, also annähernd in der Tiefe der plastischen Schicht liegt. In diese labile Krustenregion verlegt *Ampferer* (1906) die Gleitbahn *Reyers* und folgert, daß hier vor sich gehende Volumenschwankungen, indem sie sich in vertikalem Sinne äußern, an der Oberfläche abgebildet werden. Die Gebirgsbildung wäre somit durch die mit den Volumenschwankungen einhergehenden Unterströmungen unterhalb der trägen, abgestorbenen und passiven Haut bedingt. Die Möglichkeit solcher Unterströmungen haben *A. Heim* (1878) in der „bruchlosen Umformung" und „latenten Plastizität" und neuerdings *van Hise* u. a. im „Gesteinsfließen" kennen gelehrt. Ebenso sind Grundlagen für die Volumenschwankungen vorhanden: *Stübel* erblickte die Quelle der vulkanischen Energie in Erkaltungsvorgängen des Magmas, und *v. Richthofen* kam schon 1869 zu der Ansicht, daß mit der langsameren Kristallisation der Silikate unter der festen Erdrinde eine Volumenvermehrung, mit weiterer Abkühlung aber eine Verminderung verbunden sei und führte, *Ampferer* vorauseilend, die Gestaltung der Erdoberfläche auf diese Vorgänge zurück. *Tammann* hat dann (1903) durch Einführung des „maximalen Schmelzpunktes", welcher eine Kristallisation unter Kontraktion bei atmosphärischem und niederem Drucke von einer solchen unter Dilatation bei hohem Drucke scheidet, *v. Wolff* (1908) zu der Auffassung gebracht, daß die Erdrinde in zwei Zonen zerfällt, eine oberflächennähere mit Volumenverringerung und eine tiefere mit Volumenvermehrung. Die indifferente noch magmatische, auf 50 km Mächtigkeit geschätzte Grenz- und Zwischenschicht ist gemäß der Abkühlungshypothese in 150 km Tiefe, unter Berücksichtigung der radioaktiven Vorgänge aber in 50—100 km, also in die Tiefe der isostatischen Ausgleichsfläche und der plastischen Schicht zu verlegen. Die Volumenvermehrung kann Vulkanausbrüche, epirogenetische und die zur Einleitung der Unterströmungs- und Gleitvorgänge nötigen Hebungen hervorbringen, die für die Bildung der Gebirge allein wesentlichen örtlichen (insbesondere in horizontaler Richtung) und zeitlichen Schwankungen des Volumens aber spiegeln die erdmagnetischen Störungen wieder, die den Erdbeben vorausgehen (*Yamasaki* 1900, *Milne* 1903), vor ihrem Eintreten zur Ruhe kommen und Fließbewegungen des Magmas vorstellen, die Spannungsveränderungen der Kruste hervorrufen, deren Ausgleich unter Erdbeben zustande kommt (*Lang* 1913).

Damit wären die beiden ersten der gestellten Fragen beantwortet. — Die Volumenschwankungen in der Tiefe, welche die betreffenden Erdstreifen heben, haben eine Gleichgewichtsstörung der Außenhaut zur Folge. Der hierdurch veranlaßte isostatische Ausgleich ist also nicht die Ursache der Gebirgsbildung (wie *Dutton* will), sondern eine Folgeerscheinung. Der Ort, wo die Gleichgewichtsstörung offenbar wird, die Geosynklinal- und Kettengebirgsregion, liegt immer in der Nähe der Küste; der Grenzraum zwischen Festland und Meer, der Schelf, stellt also einen Streifen geringerer Widerstandsfähigkeit gegenüber den Bewegungen der Tiefe dar. Die Ursache hierfür sucht *Wegener* in der aus den Gesetzen der Isostasie zu folgernden geringeren Mächtigkeit des Schelfsockels und im Zusammenfall der Grenzlinien zwischen Sima und Sal mit Linien größten Widerstandunterschiedes. (Hierfür zwei anschauliche Vergleiche: Ein hoch aus dem Wasser aufragender Eisberg [Kontinentalscholle] ragt auch tief in das Meer [Sima] hinunter; eine flache Eisscholle, deren Oberfläche ungefähr im Meeresniveau liegt [Schelfsockel], kann sich auch nach unten nur wenig tief fortsetzen. Ein Gewölbe aus Haussteinrippen und backsteingemauerten Kappen reißt bei Erschütterungen meist längs der Rippen, wo der Festigkeitsunterschied am größten ist.) — Die mit der Kontraktionstheorie und der Lehre vom tangentialen Drucke schwer zu vereinigende Einseitigkeit der meisten Faltengebirge bereitet bei Anwendung der Theorien *Reyers* und *Ampferers* keine Schwierigkeit mehr, ebenso werden einige vorher schwierig zu erklärende Erscheinungen verständlich, die für das Antlitz Ostasiens charakteristischen „Zerrungsbögen" *v. Richthofens* und das Auftreten vulkanischer Durchbrüche im Rücklande der Faltengebirge (tertiäre Granite der rückwärtigen Alpen und Appeninen [Elba], Euganeen, ungarisches Trachytgebirge, phlegräische Felder u. a.). Die verbreitete Bogenform, welche bei Annahme des Horizontalschubes nur teilweise Erklärung fand, führt *Andrée* mit *Reyer* auf den gebogenen Verlauf der Küsten- und Isobathenlinien zurück; dem Einwand, daß diese schon gebogene Dislokationslinien widerspiegeln, begegnet er durch den Hinweis auf *Sueß*, welcher die Bogenform als Begleiterscheinung epirogenetischer Bewegung im Experiment nachgewiesen hat. Das Wandern der Gebirgsbildung, das sich in der nachträglichen Faltung des aus dem Abtragungsschutte der älteren Ketten bestehenden Vorlandes äußert und vom Standpunkte des Gewölbedruckes aus ein Ausdruck des Fortschreitens des tangentialen Schubes ist, kann ebensogut als Folge des Fortschreitens der Unterströmung oder des isostatischen Ausgleiches aufgefaßt werden.

Denselben Vorgängen in der Tiefe werden von *Andrée* (entgegen *Reade*) die epirogenetischen Bewegungen zugeschrieben, über deren Beziehungen die Forschungen *Beckes* über die petrographischen Provinzen Licht verbreiten. Die alkalireichere atlantische Gesteinsreihe ist an Gebiete des Einbruches, also epirogenetischer Bewegungen, die alkaliärmere pazifische an solche der Faltung geknüpft. Diese sind leichter und stammen aus geringerer Tiefe, jene sind schwerer und wurzeln in größerer Tiefe. Die höheren pazifischen Magmen herrschen im Paläozoikum, treten im Tertiär gleichmäßig neben den atlantischen auf und beschränken sich seitdem auf die Geosynklinalen. Umgekehrt nehmen die tieferwurzelnden atlantischen dauernd zu. Hiermit stimmen die Begleiterscheinungen der Störung, die Erdbeben, überein: Nach *Rudolph* liegen die Epizentren der starken (epirogenetischen) Bruchbeben in großer Tiefe, die schwäche-

ren Faltungsbeben orogenetischer, pazifisch magmatischer Regionen mit weniger tiefen Spalten in Verbindung. Den zyklischen Wechsel epiro- und orogenetischer Vorgänge, den die Erdgeschichte lehrt, faßt *Stille* als einen Wechsel langdauernder Wellenbildung größter Spannweite (Undation) und kürzerer episodischer geringer Spannweite (Undulation) auf. Ein volles Verständnis dieser Wechselbeziehungen bleibt vor der Hand noch der Zukunft vorbehalten.

B. Brandt.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Über die Grundlagen der statistischen Mechanik hat der kürzlich verstorbene Prof. *A. Szarvassi* (Technische Hochschule Brünn) eine umfangreiche Darstellung in den Denkschriften der Wiener Akademie der Wissenschaften (95. Bd. 1918) veröffentlicht. Der Verfasser verfolgt in dieser Arbeit wesentlich das Ziel, die Quantentheorie aus der statistischen Mechanik heraus zu entwickeln, beziehungsweise sie direkt als Ergebnis einer *konsequenten* Anwendung statistischer Methoden auf physikalische Massenerscheinungen darzustellen.

Diesen Umständen entsprechend, wird der Fachmann hier naturgemäß sehr viel Bekanntes vorfinden, zum Teil in etwas anderem Zusammenhange beleuchtet, als dies sonst zu geschehen pflegt. Zahlreiche Einzelheiten des systematischen Aufbaues weisen manch schöne, treffende Bemerkung auf; eine eingehendere Kenntnis der neueren einschlägigen Literatur hätte aber dem Verfasser manche Mühe erspart und ihm vor allem erlaubt, in gewissen Punkten wesentlich weiter zu kommen, als es ihm in dieser Arbeit gelungen ist; um so mehr ist es zu beklagen, daß wir von ihm nun keine vervollkommnete Fortsetzung seiner Gedankengänge mehr zu erwarten haben.

Der erste rein formale Teil der Arbeit enthält, losgelöst von physikalischen Betrachtungen, vornehmlich den wichtigen und sehr durchsichtigen Nachweis, daß der berüchtigte Gleichverteilungssatz lediglich auf einer gewissen — Ellipseneigenschaft beruht. Der Verfasser hat es sich hier besonders zur Aufgabe gemacht, den beliebten Übergang ins Kontinuierliche zu vermeiden und den Methoden der Statistik gemäß stets mit einer *endlichen Zahl* von „Elementen“ und endlich-großen „Elementargebieten der Wahrscheinlichkeit“ auszukommen. Leider vermißt man im III. Abschnitte die konsequente Weiterverfolgung letzterer Forderung, die noch zu weiteren physikalischen Ergebnissen hätte führen können. Nur die Endlichkeit der Elementargebiete bleibt naturgemäß bis zum Schlusse gewahrt.

Zu den physikalischen Anwendungen übergehend, wird am Beginne des II. Teiles die Frage nach der notwendigen Beschaffenheit jener Gesamtheiten physikalischer Systeme zu beantworten gesucht, auf welche sich die statistische Mechanik anwenden läßt. Gesamtheiten voneinander dauernd und vollständig unabhängiger Systeme schließt *Szarvassi* aus, obwohl die Arbeiten von *Kroo* und *Hasenöhrl* ihre Bedeutung für den Beweis des sogenannten Hauptsatzes der statistischen Mechanik dargetan haben. Er hält nur „quasireguläre“ Systeme für geeignet und sieht diese Bedingung durch die „Zufalls“wirkung der thermischen Zusammenstöße erfüllt. Im Hinblicke auf die Einsteinsche Quantenstatistik hätten hier vielleicht noch andere Möglichkeiten offen gelassen werden können.

Eigenartig ist *Szarvassis* Einführung des elementaren Wirkungsquantums als kleinstes Phasenraumvolumen für thermisch „ununterscheidbare“ Phasen. Die Physiker dürften sich mit diesem Erklärungsversuch aber kaum zufrieden geben. Man sieht nicht recht ein, warum das einem solchen Minimalvolumen entsprechende Genauigkeitsmaß, mit dem sich dann etwa z. B. der zweite Hauptsatz erfüllt zeigen müßte, ursächlich mit der bloßen Existenz makroskopischen Erscheinungen verknüpft sein soll. Die Behauptung eines solchen Zusammenhanges wäre an sich unbedingt willkürlich, was auch *Szarvassi* zugibt. Daraus, daß sich das Plancksche h in der Statistik tatsächlich als unvermeidlich herausgestellt hat, wird man aber lieber den naheliegenderen Schluß ziehen, daß eben eine Eigenschaft der Elemente der Verteilungen — Moleküle und Atome — an seinem Auftreten „schuld“ ist, wie das von der Theorie der Spektren ja auch aufs glänzendste bestätigt zu werden scheint. In einem auffallenden Widerspruch zu seiner Auffassung des h steht es auch, wenn *Szarvassi* an späterer Stelle sehr schön beweist, daß man — in modernerer Ausdrucksweise — die Translationsbewegung der Gasmoleküle nicht zu „quanteln“ hat. (Die von *Szarvassi* an der betreffenden Stelle gezogene Folgerung ist allerdings eine andere, erscheint aber dem Referenten keinesfalls als einwandfrei.) Wichtig ist die vom Verfasser an Stelle der Ergodenhypothese eingeführte Annahme der Existenz „ergozonaler“ Gesamtheiten; sie ist, ähnlich wie die Ergoden- und Quasiergodenhypothese im Rahmen der „klassischen“ statistischen Mechanik, dazu bestimmt, die an einer Raumgesamtheit gewonnenen Aussagen auf eine Zeitgesamtheit übertragen zu können. Diese anscheinend nur von wenigen bisher als notwendig empfundene Ausfüllung einer logischen Lücke leitet zur Aufstellung des zweiten Hauptsatzes und seinen Konsequenzen über.

Der dritte Teil enthält zunächst eine Ableitung des Planckschen Strahlungsgesetzes ohne irgendwelche Voraussetzungen über quantenhafte Absorption oder Emission. Seit den Arbeiten von *Ehrenfest* und *Poincaré* weiß man, daß die durch die Endlichkeit der Elementargebiete bedingten Unstetigkeiten der sogenannten Verteilungsfunktion eine solche Ableitung ermöglichen, so daß damit, abgesehen von zahlreichen Einzelheiten, also nicht wesentlich Neues gefunden ist. Ferner gibt *Szarvassi* eine Anwendung auf die Theorie der spezifischen Wärme fester Körper. Da er — ohne Berücksichtigung der 1915 geborenen Quantentheorie für Systeme von mehreren Freiheitsgraden — die Elementargebiete der Wahrscheinlichkeit stets bloß durch „Energieflächen“ begrenzt, muß dieser Schlußteil in gewisser Hinsicht als durch die neuere Forschung überholt angesehen werden. Immerhin ist aber die Behandlung *räumlicher* Oszillatoren in solchen Elementargebieten von Interesse, auch zeigt sich die damit erhaltene Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärme der ursprünglichen Einsteinschen Formel überlegen.

Trotz der hervorgehobenen Mängel bietet die obige Arbeit von *Szarvassi* so viel Anregendes und Originelles, daß sie jeden Quantentheoretiker bei eingehendem Studium in mancher Hinsicht zu neuerlichem tieferen Eindringen in den Stoff veranlassen wird. Diese Vorzüge sowie der vielen nicht leicht zugängliche Ort ihrer Veröffentlichung mögen den in einem so ausführlichen Referate gelegenen nachdrücklichen Hinweis rechtfertigen.

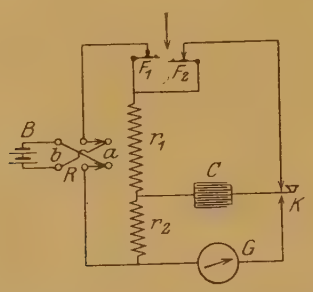
A. Smekal, Wien.

Die Messung sehr kurzer Zeiten. (*Paul E. Klopsteg*, Physical Review *15*, 1, Januar 1920.) Wird ein Kondensator durch einen Widerstand entladen, so sinkt sein Potential innerhalb sehr kurzer Zeit exponentiell auf Null herab. Unterbricht man den Entladungsvorgang nach einem sehr kleinen Zeitintervall, so wird das Potential einen bestimmten kleineren Wert angenommen haben; umgekehrt läßt sich also aus den beiden Potentialwerten das verflossene Zeitintervall berechnen. Und zwar wird

$$t = C R \ln \frac{Q_0}{Q} = C R \ln \frac{E_0}{E},$$

wenn C die Kapazität, R den Widerstand, Q_0 und Q die Ladung und E_0 und E die Spannung am Anfang und Ende des Intervalls bedeuten. Diese Beziehung ist schon vielfach zur Zeitmessung benutzt worden. Es ist jedoch das Verdienst der vorliegenden Arbeit, der Methode eine technisch leicht auszuführende Form in Verbindung mit großer Genauigkeit gegeben zu haben.

Klopsteg mißt die Ladungen mit dem ballistischen Galvanometer. Um jedoch große Ausschläge zu vermeiden, legt er vor der Entladung durch das Galvanometer ein Gegenpotential an, das dem Kondensatorpotential ungefähr gleich ist, und mißt nur den Differenzstrom der Umladung. Das Gegenpotential erhält er durch den Spannungsabfall an einem Widerstand.



Die Anordnung ist in der Figur wiedergegeben. F_1 und F_2 sind die beiden Kontakte, die kurz nacheinander geöffnet werden, etwa indem zwei Drähte (oder Quecksilberfäden in Glasröhrchen) von einer fliegenden Gewehrkugel zerrissen werden. Zu Anfang ist der Kondensator auf das Potential $e_1 = ir_1$ geladen. Nach dem Öffnen von F_1 entlädt er sich über r_1 und F_2, wird jedoch hierin durch die Öffnung von F_2 unterbrochen und bleibt auf einem kleineren Potential e stehen. Nun wird der Kippschalter von a nach b gelegt, und dann kurz die Taste K gedrückt und losgelassen. Dabei fließt ein Differenzstrom durch das Galvanometer G und erzeugt den Ausschlag d_x. Der Widerstand r_2 ist so bemessen, daß d_x klein wird.

Die gesuchte Zeit t berechnet sich nun, wie eine einfache Rechnung ergibt, zu

$$t = C r_1 \ln \frac{1}{\frac{r_2}{r_1} \pm \frac{\Delta Q}{e_0 C}\left(\frac{r_1 + r_2}{r_1}\right)}$$

Hier bedeutet e_0 das Potential der Batterie, ΔQ die Ladung, die den Ausschlag d_x hervorruft. Das Galvanometer muß also zuvor geeicht sein. Um dies zu vermeiden, wird ein weiteres Hilfsmittel angegeben.

Den Widerständen werden nahezu gleiche Werte r_1' und r_2' gegeben, jedoch so, daß $r_1' + r_2' = r_1 + r_2$. Dann werden folgende Handgriffe der Reihe nach ausgeführt, deren Bedeutung sich leicht ergibt: F_2 geöffnet, F_1 geöffnet, Schalter von a nach b umgelegt, Taste K gedrückt und losgelassen, Ausschlag d_0 abgelesen. Dann ergibt sich für die Zeit t, wenn gleichzeitig Zehnerlogarithmen eingeführt werden:

$$t = 2{,}303\, C r_1 \log \frac{1}{\frac{r_2}{r_1} \pm \frac{d_x}{d_0}\left(\frac{r_1' - r_2'}{r_1}\right)}$$

Das positive Vorzeichen gilt, wenn die Ausschläge d_x und d_0 nach der gleichen Seite liegen, andernfalls das negative. *Klopsteg* gibt sodann noch einen 5poligen Kippschalter an, mit dessen Hilfe sämtliche aufeinanderfolgenden Handgriffe in einen einzigen vereinigt werden, und der sowohl für die Versuchsmessung d_x als auch für die Vergleichsmessung d_0 verwandt wird.

Die erreichte Meßgenauigkeit war sehr groß. Ein Zeitintervall von 250 Mikrosekunden (= $250 \cdot 10^{-6}$ Sekunden) wurde mit einem wahrscheinlichen Fehler von 0,15 % für die Einzelmessung gemessen. Die Messungen wurden mit einem Helmholtzschen Pendel verglichen und ein Temperaturkoeffizient des Pendels von etwa 1 Mikrosekunde pro Grad gemessen.

H. Reichenbach.

Über die Anwendung der Verschiebungsregel auf gleichzeitig α- und β-Strahlen aussendende Substanzen, von *Otto Hahn* und *Lise Meitner*. Die die radioaktiven Umwandlungen bedingende Strahlenemission bestimmt bekanntlich eindeutig den chemischen Charakter des Umwandlungsproduktes. Sendet eine radioaktive Substanz α-Strahlen aus, so wandelt sie sich in ein Element um, das im periodischen System seinen Platz 2 Gruppen weiter nach links hat als das Mutterelement, während bei Emission von β-Strahlen das entstehende Element um eine Gruppe weiter nach rechts verschoben erscheint (Verschiebungsgesetz).

Es gibt nun aber eine Anzahl Substanzen, bei denen die Verfasser früher nachgewiesen haben, daß ihnen außer ihrer charakteristischen α-Strahlung auch eine wohl definierte β-Strahlung zukommt. Diese Substanzen sind das Radium, das Radioactinium und das Radiothor. Man sollte daher nach dem Verschiebungsgesetz erwarten, daß außer den durch die Emission der α-Strahlen entstehenden bekannten Umwandlungsprodukten dieser Körper auch solche Zerfallsprodukte entstehen, die sich von der β-Strahlenumwandlung der genannten Substanzen ableiten. Man hätte es dann in diesen Fällen mit einem dualen Zerfall zu tun, wie er bei den C-Körpern aller drei radioaktiven Reihen seit langem bekannt ist. Aus dem zweiwertigen Radium müßte so ein dem Actinium isotopes dreiwertiges Element entstehen, aus dem vierwertigen Radioactinium und dem vierwertigen Radiothor je ein fünfwertiges Isotop des Protactiniums. Die Verfasser haben vor allem beim Radium und dem Radioactinium nach diesen Umwandlungsprodukten gesucht. Aus der Intensität der β-Strahlen der oben genannten Elemente läßt sich dabei eine ziemlich genaue Schätzung des Prozentsatzes der zu erwartenden β-Umwandlung durchführen; beim Radium wären dies rund 8 %, beim Radioactinium sogar 13 %.

Die Versuche verliefen in allen Fällen absolut negativ. Es wurden keinerlei Anhaltspunkte für die Existenz der gesuchten Isotopen gefunden. Im Falle des Radiums war die Aktivität des nach den Methoden der Actiniumabscheidung bereiteten Filters nur der etwa 10^{-6}te Teil der Ausgangsaktivität. Der gefundene Aktivitätswert war also sicher über 10 000mal kleiner als der zu erwartende. Beim Actinium resp.

Radioactinium zeigte das nach den Reaktionen des Protactiniums hergestellte Präparat weniger als $^1/_{100\,000}$ der Aktivität des Ausgangsmaterials, also praktisch das gleiche Resultat wie beim Radium. Es wurden noch die Möglichkeiten diskutiert, ob sich vielleicht die gesuchten Körper durch besondere Langlebigkeit oder Kurzlebigkeit der Untersuchung entziehen könnten. Diese Möglichkeiten erscheinen ausgeschlossen.

Es ergibt sich also das merkwürdige Resultat, daß von den untersuchten Substanzen β-Strahlen von über 50 % Lichtgeschwindigkeit emittiert werden, die nicht aus dem Kern des Atoms zu stammen scheinen, da sie sonst eine Atomumwandlung bedingen müßten. Auch eine sekundäre Auslösung dieser β-Strahlen durch Energieübertragung von seiten der α-Strahlen kann bei der gemessenen hohen Geschwindigkeit der betr. β-Strahlen nicht stattfinden. Die Verfasser müssen sich daher mit der Feststellung dieses Resultats begnügen, ohne eine befriedigende Erklärung dafür angeben zu können. *Autoreferat.*

Das Rätsel der Lößbildung behandelte ein Vortrag von Geh. Rat *Keilhack* in der Sitzung der Deutschen Geologischen Gesellschaft vom 2. Juni 1920. Folgende fünf Punkte stellen sich nach Meinung des Vortragenden der üblichen Auffassung von Entstehung und Ursprung des Lösses entgegen: 1. die geographische Verbreitung des Lösses, 2. die Lößmassen auf der Erde, 3. die Beschränkung des Lösses auf einen bestimmten Teil der Erdgeschichte, 4. die petrographische Zusammensetzung des Lösses, 5. die Schwierigkeit, das Ursprungsgebiet des Lösses zu ermitteln.

Zur Erläuterung wurde eine Weltkarte benutzt, auf der die vom Löß bedeckten Gebiete sowie die Gebiete der diluvialen Vergletscherungen eingetragen waren. Der Vortragende wies nach, daß der Löß auf der nördlichen Halbkugel einen geschlossenen Gürtel bildet, dessen Nordgrenze in Eurasien durch Flachländer verläuft, dessen Südgrenze indessen junge Faltengebirge darstellen. Südlich dieser Gebirge, wie in Italien, Kleinasien oder Indien ist noch nie Löß gefunden worden. In Nordamerika findet sich der Löß zwischen der Sierra Nevada und den Appalachen, im Norden und Süden ist er dort nicht natürlich begrenzt. Auf der südlichen Halbkugel kennt man Löß nur aus Südamerika, doch wird das Auffinden von Löß in Südafrika für möglich, in Australien für wahrscheinlich gehalten. Das Vorkommen des Löß ist nicht auf niedrige Höhenlagen beschränkt. In Asien findet er sich bis zu 4000 m Höhe. Er tritt ferner in klimatisch gänzlich verschiedenartigen Gebieten auf. Nach Meinung des Vortragenden haben alle bisherigen Lößtheorien diese Tatsachen unberücksichtigt gelassen.

Keilhack berechnet das gesamte Lößareal der Erde auf 26 Millionen qkm. Mindestens die Hälfte dieses Gebietes darf heute noch als lößführend angesehen werden. Nimmt man eine mittlere Mächtigkeit des Lösses von 10 m an, so ergibt sich eine Mindestmasse von 130 000 ckm. Als Vergleich wurde angeführt, daß man mit dieser Masse Deutschland mit einer 240 m mächtigen Lößschicht bedecken könnte. Die diluvialen Vergletscherungsgebiete sind wesentlich kleiner.

Die bisherige Annahme, daß der Löß als Staub vegetationslosen Wüsten während der Eiszeit entnommen wurde, lehnt der Vortragende ab, da es auch zu anderen geologischen Zeiten Wüsten, Stürme und geeignete Ablagerungsgebiete gegeben habe. Löß ist ein Leitgestein des Diluviums. Aber möglicherweise wird man das bisherige Kausalitätsverhältnis zwischen Lößbildung und Eiszeit umkehren und die Lößbildung als das primäre ansehen. Auch der petrographischen und mechanischen Zusammensetzung des Lösses trägt die bisher übliche Theorie nicht genügend Rechnung. An seiner Zusammensetzung ist Quarz mit 60 bis 70 % und Kalk mit bis zu 36 % beteiligt. Von Gesteinen, die Quarz und Kalk in ähnlicher Korngröße aufweisen, sind bisher nur die Grundmoränen und die Mergelsande bekannt. Nach Berechnung des Vortragenden können die Altmoränen jedoch höchstens 1 % der vorhandenen Lößmassen geliefert haben, da die Altmoränen bereits stark entkalkt und die jüngeren Glazialbildungen vom Eis bedeckt waren. Auch aus Verwitterung von Kalksteinen kann der Kalkgehalt des Löß nicht herrühren, da Kalk stets chemisch und nie mechanisch verwittert.

Eine kosmische Entstehung des Lösses anzunehmen, bezeichnete der Vortragende zwar als kühn, doch würden sich fast alle oben gekennzeichneten Fragen dadurch erklären lassen, so z. B. das zonare Auftreten des Lösses, seine gleichmäßige Zusammensetzung, wie seine Beschränkung auf das Diluvium. In der Aussprache wurden die verschiedensten Auffassungen hinsichtlich äolischer oder aquatischer Lößentstehung laut, ein Beweis dafür, wie sehr umstritten alle diese Fragen heute noch sind. Die vom Vortragenden eingangs geäußerte Befürchtung, die bisherige Lehrmeinung werde zum Dogma erstarren, ist demnach vorläufig nicht zu erwarten.

W. P. Kauenhowen.

Schlammschichtung in Süßwasserseen. Durch die Untersuchungen des schwedischen Forschers *Einar Naumann* (vgl. vor allem seine Schlammarbeit von 1917 in Kungl. Sv. Vetenskaps Akad. Handl. Bd. 56, Nr. 6) ist ein bisher etwas vernachlässigter Zweig der Hydrobiologie neuerdings zu erhöhter Bedeutung gelangt, die Schlammkunde. Sobald einmal nachgewiesen war, in wie enger Beziehung die Bildung des Tiefseeschlammes zu den in und an dem betr. Gewässer entstehenden Lebewesen steht, wie diese absterbend und auf den Grund sinkend dieser Schlammschicht des Seegrundes ihr ganz charakteristisches Gepräge geben, unterlag es keinem Zweifel, daß hieraus noch weitere interessante Ergebnisse zu gewinnen seien. Am besten sind in dieser Hinsicht die nordischen Seen bearbeitet. Nun liegt auch eine sich an *Naumanns* Untersuchungen anlehnende Arbeit für einen Schweizer See, den Zürichsee, vor (*Nipkow, F.* Vorläufige Mitteilungen über Untersuchungen des Schlammabsatzes im Zürichsee. — Zeitschr. f. Hydrologie *I*, 1/2, S. 100, 1920). Es ist einzusehen, daß zur Erleichterung derartiger Schlammuntersuchungen eine möglichst eingehende Kenntnis der planktischen sowie physikalischen und chemischen Gesamtverhältnisse des betr. Sees wünschenswert, ja wohl sogar unerläßliche Vorbedingung ist. Das ist einleuchtend, wenn wir bedenken, daß die mikroskopische und chemische Untersuchung schon — ganz oder zum Teil — zersetzter Organismen — um solche handelt es sich ja beim Tiefenschlamm — uns sicher nicht immer Aufschluß gibt über ihre Herkunft.

Um das wesentliche Ergebnis der Schlammforschungen gleich von vornherein hervorzuheben: man hat im Tiefenschlamm eine Schichtung festgestellt. Zunächst einmal ist eine dunklere Oberschicht und eine hellere, sich bis zum Seegrund erstreckende Un-

terschicht zu erkennen. Während erstere, die *Reduktionsschicht*, aus in Zersetzung befindlichem Faulschlamm besteht, stellt die Unterschicht einen bereits *oxydierten* Schlamm dar, der sich von dem rezenten ihm übergelagerten Faulschlamm durch die erwähnte hellere Färbung, die ihren Ursprung den ausgefällten Eisenverbindungen verdankt, unterscheidet. Der Uferschlamm ist ebenso wie diese Unterschicht des Tiefenschlammes gleichmäßig hell gefärbt und ohne jede Schichtung. In ihm finden wir die Reste der Uferflora und -fauna, die indes einer schnellen oxydativen Zersetzung unterliegen, da das wenig tiefe und stärker bewegte Wasser der Uferzone relativ viel Sauerstoff enthält. Die vorwiegend gasförmigen und löslichen Abbauprodukte werden im Kreislauf der Stoffe sofort anders verwendet. Es bleiben nur übrig die Reste der Kiesel- und Kalkskelette der Uferpflanzen und -tiere, soweit nicht auch sie restlos mechanisch oder chemisch aufgelöst werden.

Nun das Nähere über die Schichtung des Tiefenschlammes. In Tiefen von über 100 m weist die oben erwähnte dunklere Oberschicht, der Faulschlamm, wiederum eine Schichtung auf; *Nipkow* stellte im Zürichsee eine Folge von je 23 hellgrauen und schwarzen Lagen fest. Sie wechseln aber nur da regelmäßig miteinander ab, wo die betr. Stellen außerhalb des Einflusses der „Uferrutschungen" liegen; mit anderen Worten: die Schichten bestehen hier lediglich aus Ablagerungen von organischen und anorganischen Bestandteilen aus den darüberliegenden Wassermassen. Sie werden daher autochthone Schichten genannt. An den Stellen — und dies ist der größte Teil der Fläche von einer Tiefe über 100 m —, die noch im Bereich der Uferrutschungen liegen, sind in unregelmäßigen Abständen und Dicken hellgraugefärbte Feinschlammschichten, die ihren Ursprung den Ablagerungen der Uferzone verdanken, zwischen die autochthonen Schichten eingelagert. Diese letzteren selbst legen durch ihre regelmäßige Anordnung, d. h. Folge von hellen und dunklen Schichten, die Vermutung nahe, „daß es sich um eine Jahresschichtung handelt", die auf zwei alljährlich zur gleichen Zeit und in gleicher Weise ablaufende Vorgänge zurückzuführen ist. Diese Vorgänge hier näher darzulegen, würde zu weit führen; ich will nur andeuten, daß *Nipkow* in den dunklen Schichten die Zerfallprodukte einer bestimmten in Masse auftretenden Winteralge vermutet, während die für die helleren Schichten als charakteristisch zu bezeichnenden Kalkkristalle den Zersetzungsvorgängen der Frühjahrs- und Sommeralgen entstammen. In diese Halbjahrsschichten sind nun die aus dem Plankton stammenden Ablagerungen, die planktogenen Sedimente, eingelagert, u. zw. gemäß ihrem zeitlich verschiedenen Auftreten innerhalb des Jahres in verschiedenen Lagen. Von besonderer Wichtigkeit sind hierbei die sog. „Algeninvasionen", d. h. Massenentwicklungen bestimmter Algen in einzelnen Jahren. Sie lassen natürlich, sofern es sich um Kieselalgen handelt — und solche sind es ja meist —, eine nicht zu verkennende Spur ihres Auftretens in Gestalt ihrer Kieselskelette als Ablagerung in der betr. Halbjahresschicht zurück. Wenn uns nun die Planktonforschungen zurückliegender Jahre den Zeitpunkt der Maximalentwicklung irgendeiner Alge in dem betr. Gewässer angeben, dann sind wir in der Lage, eine derartige durch die Überreste jener Alge charakterisierte Halbjahrsschicht zeitlich genau festzulegen und überhaupt das Alter sämtlicher Schichten zu bestimmen. Hierdurch hinwiederum sind wir instand gesetzt, auch andere nicht durch Skelettteile charakterisierte Schichten zu deuten und mit Hilfe der Kenntnis der Planktonverhältnisse vergangener Jahre auch die leicht zersetzlichen Organismen in der Schichtung nachzuweisen. Hierzu kommt, daß die Restprodukte des Zerfalls solcher Organismen, der Faulschlamm, je nach der Art des betr. Planktons ein ganz bestimmtes Aussehen nach Farbe, Konsistenz und Struktur zeigen. Es erhellt ohne weiteres, daß beide Tatsachen verbunden — mikroskopische und chemische Untersuchung der Zerfallprodukte einerseits und Kenntnis ihrer Herkunft andererseits — die Erforschung der Zersetzungs- und Ablagerungsvorgänge außerordentlich zu fördern vermögen. Überhaupt läßt sich von der Verbindung der schon vorhandenen und noch zu erwartenden Ergebnisse der Schlammforschungen mit dem reichen seit Jahren zusammengetragenen Material der Planktonkunde viel Gutes erwarten zur Lösung der Fragen, die uns der Stoffwechsel des Mikrokosmos, den wir See nennen, noch immer stellt.

Tiefenfauna und Schlammschichtung. In seinen Untersuchungen des Schlammabsatzes im Zürichsee (Vorläufige Mitteilungen. — Zeitschr. f. Hydrologie. I. Jahrgang, Heft 1/2, S. 100, 1920) fand *Nipkow*, daß der geschichtete Faulschlamm in Tiefen von über 100 m weder Gangsysteme von Zuckmückenlarven und Würmern noch irgendwelche Exemplare dieser Bewohner der Seentiefen aufwies. Wenn in Ausnahmefällen sich doch welche zeigten in jenen Tiefen, dann deutete die — infolge fortgeschrittener Oxydation — hellere Färbung der oberen Schlammschicht darauf hin, daß hier aus irgendwelchem Grunde der Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers ein höherer war, als er in dieser Tiefe zu sein pflegt. Der Grund hierfür dürfte in der das Wasser durchmischenden und damit sauerstoffbereichernden Wirkung von Zuflüssen — etwa der Einmündung eines Baches — zu suchen sein. Es läßt sich also annehmen, daß die Schlammbewohner normalerweise in jenen Tiefen, für die eine Schichtung des Schlammes festgestellt ist, nicht zu leben vermögen infolge unzureichender Sauerstoffversorgung. Andererseits hingegen suchen wir da, wo sie leben — also in Tiefen von weniger als 100 m und ausnahmsweise auch über 100 m — vergebens nach einer Schichtung des Oberflächenschlammes. Nur sein unterer Rand ist noch mit einiger Sicherheit gegen die hellere oxydierte Unterschicht festzustellen. Von Halbjahrsschichten und den ihnen eingelagerten planktogenen Sedimenten — d. h. aus dem Plankton stammenden Ablagerungen —, die durch die Reihenfolge ihrer Lagerung ein Bild des jahreszeitlich verschiedenen Auftretens der einzelnen planktischen Seebewohner geben, ist nichts zu sehen. Offenbar zerstören diese Tiere durch ihre minierende und nahrungsuchende — schlammfressende — Tätigkeit jegliche Schichtung. Auch *Wesenberg-Lund* (Über die Kalk-, Limonit- und Gyttjeablagerungen der dänischen Gewässer, Kopenhagen 1901) spricht das aus, indem er als Grund für das Fehlen einer Schichtung bei den in Menge vorhandenen Ablagerungen in der Tiefe dänischer Seen die „Durchpflügung und Umlagerung des Bodens" durch die Grundfauna angibt. Deren Tätigkeit ist zudem keine rein mechanische Wühlarbeit, da ja ein großer Teil des Schlammes seinen Weg durch den Verdauungsapparat der Tiere nehmen muß und dabei abgebaut und somit vollständig verändert wird.

Die Besiedlung der Tiefe von Süßwasserseen. In seiner Arbeit über die Tiefenfauna des Neuenburger Sees wendet sich *Monard* (Bull. d. l. Soc. neuchât. des

sc. nat. t. *XLIV*, 1919) u. a. der Untersuchung der Faktoren zu, die für die Entstehung des faunistischen Bildes, d. h. die Besiedlung der Tiefe des Sees in Frage kommen. Ein Vergleich der Tiefenfauna mit der Uferfauna bringt ihn — gestützt auf *Forel* und *Duplessis*, nach denen die meisten Tiefenformen aus der Uferzone stammen — zu der Ansicht, daß die Tiefenfauna nichts als eine „Verlängerung" der Uferfauna zu sein scheine, und daß zwischen beiden nur dann ein Unterschied bestehe, wenn eine „biologische Schranke" vorhanden sei. Wenn *M.* unter dieser biologischen Schranke die Summe aller Verschiedenheiten der Lebensbedingungen versteht, dann hat er recht; denn die Verschiedenheit aller die Lebensäußerungen beeinflussenden Faktoren — seien sie geographischer, physikalischer, chemischer oder biologischer (im engeren Sinne) Art — charakterisiert die einzelnen Lebensstätten, und nur weil sie vorhanden, haben wir überhaupt verschiedene Faunen. Hinsichtlich der Entstehung der Tiefenfauna kommt *M.* zu der Überzeugung, daß nicht — wie *Zschokke* und *Sven Ekman* annehmen — die Kaltwasser-Stenothermie der ausschlaggebende Faktor sei, sondern die Vorliebe der betr. Tiere für reines, sauerstoffreiches Wasser (Oligosaprobien) neben einer den Schlamm als Aufenthaltsort und Nahrung bevorzugenden (limnicolen) Lebensweise. Da sie in der Tiefe dergestalt die günstigsten und zusagendsten Lebensbedingungen fanden, wanderten — so nimmt Verfasser an — die limnicolen und oligosaproben Arten der Uferzone allmählich in die Tiefe und bildeten schließlich dort die charakteristische Fauna. *M.* führt die Bildung der Tiefenfauna also einerseits zurück auf das sich aktiv äußernde Ausdehnungsbestreben der Uferformen, von denen einzelne in der Tiefe die für sie geeigneteren Lebensmöglichkeiten finden; andrerseits spricht er auch dem passiven Mitgleiten einzelner Tiere mit den aus der Uferzone abwärts sinkenden Sedimenten eine Rolle dabei zu. Durch diese Gedankengänge kommt *M.* zunächst einmal zu dem Ergebnis, daß die Reliktentheorie nicht als wesentlich für die Entstehung der Tiefenfauna anzunehmen sei. Auf Grund seiner Anschauungen über den engen Zusammenhang zwischen den Zonen kommt Verfasser weiter zu dem Schluß, daß die Tiefe kein geschlossenes biologisches Ganzes, kein „unabhängiger, isolierter Mikrokosmos" sei, sondern in engster Verbindung mit der Uferzone stehe und — verallgemeinernd — daß überhaupt dem Begriff der „Zonen" eines Sees jede biologische Bedeutung abzusprechen sei. Dies Urteil dürfte doch zu weit gehen und es erscheint etwas gewagt, einen derartigen Schluß aus den Ergebnissen der Untersuchung eines einzigen Sees zu ziehen. Zeigen doch gerade die norddeutschen Seen eine so grundsätzliche Verschiedenheit der Tiefen- und Uferfauna, daß wir dem Zonenbegriff doch etwas mehr Wert beimessen müssen als den einer „für den Sprachgebrauch bequemen — da klaren und kurzen —" Ausdrucksweise. *Fr. Lenz.*

The Prevention and Destruction of Rats. (*E. B. Dewberry*, Journ. of the roy. army med. corps, Bd. 34, Nr. 4 u. 5, 1920.) Die Rattenplage bildet eine ständige Gefahr für die Volksgesundheit, denn die Ratten bzw. die auf ihnen parasitierenden Flöhe sind die Überträger einiger äußerst gefährlicher Krankheiten (z. B. Pest, Trichinosis, Bandwurmerkrankungen, Spirochätosis ikterohaemorrhagica, Rattenbißfieber [Sokoduj]). Zu dieser hygienischen Bedeutung der Rattenplage kommt noch eine nicht minder große Wichtigkeit auf wirtschaftlichem Gebiete. Durch Fraß zerstören die Ratten ungeheure Mengen von Nahrungsmitteln und richten bedeutenden Schaden in Gebäuden an den Fußböden, Wänden, Wasser- und Gasleitungen usw. an. Der Schaden, den die Ratten durch Vernichtung von Nahrungsmitteln und Futtervorräten hervorrufen, ist für Großbritannien und Irland für ein Jahr auf 15 Millionen Pfund Sterling berechnet worden. Da im Kriege die üblichen Schutzmaßnahmen gegen die Rattenplage in England wegen mangelnder Arbeitskräfte nicht durchgeführt werden konnten, so hat die Plage besonders in den Dockanlagen der Hafenstädte ein beängstigendes Maß erreicht. So wurden in den Londoner Docks im letzten Jahre über 1 Million Ratten getötet. Auch auf dem Lande haben die Bauern sehr unter diesen Nagern zu leiden. Im Kriege wimmelten die englischen und französischen Schützengräben von Ratten. Mit Hunden wurde eifrig auf die Nager Jagd gemacht, und für jede tote Ratte zahlte man bei der französischen Armee eine kleine Belohnung, so daß der Rattenfang bei den Mannschaften zu einem sehr populären Sport wurde. — Die beiden Rattenarten, Rattus rattus, Schwarzratte, und Rattus norvegicus, Braunratte, sind sich in ihrer Lebensweise ziemlich ähnlich, jedoch ist die letztere größer und kräftiger und dem kühleren europäischen Klima besser angepaßt als die Schwarzratte, so daß sie diese immer mehr verdrängt. In Liverpool hat Dr. *Hanna* das Verhältnis der beiden Rattenarten in den Jahren 1917 und 1918 bei 34189 gefangenen Tieren festgestellt und gefunden, daß sich die Braun- und Schwarzratten innerhalb des Stadtbezirks im Verhältnis von 9:1 finden; in den Hafenanlagen sind beide Arten in ungefähr gleicher Zahl nebeneinander vertreten, dagegen übertrifft auf den im Hafen ankernden Schiffen die Schwarzratte ihre braune Artgenossin im Verhältnis 139:1. Auch an den Anlegestellen der Überseedampfer überwog die Schwarzratte ganz bedeutend. — Zur Ausbreitung der Rattenplage trägt sehr stark der diesen Nagern eigentümliche Wandertrieb bei. Durch Futtermangel getrieben oder auch aus anderen Gründen wandern die Tiere nachts in großen Scharen aus. Diese Züge sind in England häufig beobachtet worden: wenn im Herbst in den Seestädten die Fischabfälle, die Nahrung der Ratten, knapp werden, ziehen große Scharen landeinwärts. Vom Hunger getrieben werden die Ratten äußerst wild, greifen ihre Artgenossen an und fressen sie auf, ja sie sollen sogar an Menschen gehen. Ihre gewöhnliche Nahrung besteht in jeder Art Nahrungsmittel, Getreide, Mehl, Gemüse, Küchenabfälle, Tierkadaver. Die Ratten töten Hühner, Enten, junge Kaninchen und verzehren auch die Eier von Vögeln. Sie suchen daher mit Vorliebe Bäckereien, Schlachthäuser, Abdeckereien und ähnliche Örtlichkeiten auf, ja sie dringen auch in die zoologischen Gärten ein, um dort das Futter den gefangenen Tieren wegzufressen.

Bei der *Rattenbekämpfung* muß mit der größten Energie durchgegriffen werden, halbe Arbeit ist völlig nutzlos. Nur durch Handinhandarbeiten aller beteiligten Kreise können die Rattenbekämpfungsmaßnahmen wirklich Erfolg haben. Der Kinematograph sollte als Belehrungsmittel für die breiteren Volksschichten mit herangezogen werden, Films sollen die Lebensgeschichte, Gewohnheiten und Zerstörungen der Ratten darstellen und so das Interesse anregen. Zum Schutz für Gebäude, in denen Nahrungsmittel aufbewahrt werden, wird die Errichtung von Rattenzäunen empfohlen. Der untere Rand des Zaunes wird in den Erdboden eingegraben und am oberen Rand wird ein

Weißblechstreifen befestigt, der nach außen zu übersteht, so daß die Ratten nicht von außen überklettern können. Alle Nahrungsmittel soll man mit Drahtnetzen oder durch Lagerung auf Rosten vor Rattenfraß schützen. Auch bieten festschließende oder metallbeschlagene Kisten einen ausreichenden Schutz. Wichtig ist die gründliche Entfernung und Vernichtung sämtlicher Abfälle, um so den Ratten Fraß- und Brutplätze zu entziehen. Rattenbaue sind mit Zement, Sand, Glas- und Steingutscherben oder Teer zuzufüllen, um so eine Wiederansiedelung der Nager zu unterbinden. In Gebäuden muß sich der Rattenschutz insbesondere auf die Türen, Fenster, Luftabzüge und Wasserausgüsse erstrecken. Metallbeschläge und Drahtnetzhauben haben sich hier bewährt. Mit diesen Schutzmaßnahmen gehen Vernichtungsmethoden Hand in Hand. Eine Ausrottung der Ratten ist jedoch praktisch unmöglich, da diese Nager schnell wandern. Stets ist die Plage abhängig davon, ob den Ratten Futter leicht erreichbar ist oder nicht. Wo sie dieses nur unter Schwierigkeiten erlangen können, werden sie nicht lange bleiben und sich auch nicht ansiedeln. Neben Mensch, Hund und Katze haben die Ratten noch als natürliche Feinde die Eule, Saatkrähe, Raubmöve, Reiher, Bussard, Turmfalke, Sperlingshabicht, Wiesel, Hermelin und Fuchs. Wegen ihres Nutzens bei der Rattenvernichtung sollen diese Tiere vom Menschen möglichst geschont werden. Die gegen die Ratten anzuwendenden Vernichtungsmethoden bestehen in verschiedenen Arten der Vergiftung, dem Fang mit Fallen und der Jagd mit Hunden und Frettchen. Als wichtigste Giftstoffe kommen in Betracht: Arsenik, Phosphor, Strychnin, Meerzwiebel, Bariumcarbonat und Calciumsulfat. Wird Gift ausgelegt, so müssen alle Haustiere durch geeignete Maßnahmen von den Giftstoffen ferngehalten werden. In England wird das Gift im Jahre ein- oder zweimal gestreut, und zwar im Frühling und im Spätherbst in einem weiten Gebiete zu gleicher Zeit. An das Giftauslegen sollen sich die Fangmethoden mit Fallen anschließen. Das Gift wird stets mit einem bestimmten Köder (Getreide, Mehl, Fett oder dergl.) verabfolgt; es hat sich hier bewährt, den Köder von einer anderen Natur zu wählen als die gewöhnlich erreichbare Nahrung der Ratten. Um die Ratten anzulocken, werden den Ködern oft Moschus-Anis, Rhodium- oder Kümmelöl beigemengt. Preußischblau, Anilinschwarz oder Chromgrün, zuweilen auch Ruß dienen als Farbmittel. Neben den Fraßgiften ist eine Räucherung mit Giftgasen empfehlenswert; gebräuchlich sind schweflige Säure, Chlor, Schwefelkohlenstoff, Blausäure und Kohlenoxyd. — Beim Rattenfang mit Fallen kommt es darauf an, die Falle mit dem Köder möglichst sachgemäß aufzustellen, da sonst die beste Falle wirkungslos ist. Die Ratten wittern sehr leicht eine Falle und gehen dann nicht an den Köder. Deshalb empfiehlt es sich, bei der Aufstellung der Falle Handschuhe zu tragen oder die Hände mit Anisöl oder dergl. einzureiben, oder auch die Hände mit feuchter Erde einzuschmieren. Es ist selbstverständlich, daß die Fallen immer sehr sauber zu halten und vor dem Aufstellen auf ihren Mechanismus zu prüfen sind. — Bei der Rattenjagd mit Frettchen, Iltissen oder Hunden werden die Ratten aus ihrem Bau herausgetrieben, in Netzen gefangen und durch Hunde totgebissen oder von Leuten mit Stöcken erschlagen. Die Weibchen der Frettchen eignen sich besser zur Jagd als die Männchen, weil sie nur halb so groß sind wie diese. Ebenso verwendet man lieber junge, 9—15 Monate alte Frettchen, da sie mutiger sind als alte Tiere.

Der Kampf gegen die Ratten ist in ganz England aufgenommen; die Zivilbehörden wollen „national rat weeks" anordnen, um so im ganzen Lande die Rattenplage zu vernichten. Die Organisation hat aber ihr Augenmerk nicht auf die ein- oder mehrmalige Abtötung der Tiere gerichtet, sondern sie will die Ratten ständig und systematisch verfolgen, solange noch ein Rattenbrutplatz in England besteht. Durch rege Propaganda wird unter der Zivilbevölkerung, besonders aber auch in der Armee, das Interesse an der Rattenvertilgung geweckt. *J. Wille.*

Die Auspuffgase von Azetylenmotoren. Infolge des Benzinmangels während des Krieges hat man bekanntlich in der Schweiz mit Erfolg das Azetylen zum Betrieb von Kraftwagen verwendet. Über die chemische Zusammensetzung der Auspuffgase dieser Azetylenmotoren wurden von der Eidgenössischen Prüfanstalt für Brennstoffe in Zürich nähere Untersuchungen angestellt, die der Zeitschrift „Karbid und Azetylen" 1919, S. 74, zufolge ergaben, daß die Auspuffgase weder schädlich noch giftig sind, da sie bei vollständiger Verbrennung lediglich aus Kohlensäure, Wasserdampf und Stickstoff bestehen, wogegen die Auspuffgase von Benzinmotoren häufig noch eine beträchtliche Menge von Kohlenoxyd enthalten. Sofern genügend Luft vorhanden ist, pufft reines unverbranntes Azetylen auch bei voller Belastung niemals aus, während bei Benzinmotoren sowohl bei voller als auch bei Überbelastung sogar unverbrannte Benzindämpfe auspuffen können. Die Versuche wurden an einem Azetylen-Kraftwagenmotor auf dem Probierstand ausgeführt, und zwar wurden die Auspuffgase unmittelbar am Auspuff entnommen, um eine Nachverbrennung unmöglich zu machen. Dabei zeigte sich, daß bei allen Belastungen die Auspuffgase frei von Kohlenoxyd und brennbaren Bestandteilen waren, mit anderen Worten, daß bei allen Belastungen das Azetylen vollkommen verbrannt wurde. Dieses Ergebnis ist um so bemerkenswerter, als der Luftüberschuß ziemlich gering war, er schwankte bei den einzelnen Versuchen zwischen dem 18- und 31-fachen des verbrannten Azetylenvolumens, wie die nachstehende Übersicht über die einzelnen Versuchergebnisse zeigt.

	Vollast		Halblast		Leerlauf	
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Kohlensäure %	11,5	6,8	9,1	8,7	5,8	6,5
Sauerstoff %	6,5	12,0	9,8	9,8	12,9	12,3
Stickstoff %	82,0	81,2	81,1	81,5	81,3	81,1
Verhältnis Luft:Azetylen	18	28,8	21,6	22,8	31,2	30

Die Menge des in den Auspuffgasen enthaltenen Wasserdampfes konnte nicht berücksichtigt werden, da die Gase nicht unmittelbar untersucht, sondern in Pipetten aufgesammelt wurden, wobei sich der Wasserdampf natürlich an den Wandungen der Glasgefäße kondensierte. *S.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 36. (Seite 715—734) **3. September 1920.** **Achter Jahrgang.**

EUGEN GOLDSTEIN

ZUR FEIER

SEINES SIEBZIGSTEN GEBURTSTAGES

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 26.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Im Jahre 1880 erschien:

Untersuchungen über die elektrische Entladung in Gasen

Eine neue Form elektrischer Abstoßung

Von

Dr. **Eugen Goldstein**

Mit 6 lithographierten Tafeln

(Verlag von Julius Springer in Berlin W 9)

Preis M. 4.—

und Teuerungszuschläge

E. Goldstein.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 3. September 1920. Heft 36.

EUGEN GOLDSTEIN

ZUR FEIER

SEINES SIEBZIGSTEN GEBURTSTAGES

Inhalt:

Seite

Eugen Goldstein. Von *Otto Reichenheim, Berlin* 717

Verzeichnis der Veröffentlichungen Goldsteins 719

Kanalstrahlen. Von *E. Gehrcke, Berlin-Lichterfelde* 721

Über einige spektroskopische Arbeiten Goldsteins. Von *A. Sommerfeld, München* . . . 723

Die Untersuchungen Goldsteins über die Einwirkung der Kathodenstrahlen auf chemische Verbindungen. Von *W. Marckwald, Berlin* 725

Das periodische System der chemischen Elemente im Lichte der jüngsten Kanalstrahlenforschung. Von *R. Swinne, Berlin* 727

Eugen Goldstein.

Von Otto Reichenheim, Berlin.

Am 5. September vollendet *Eugen Goldstein* in voller Rüstigkeit und Arbeitskraft sein siebzigstes Lebensjahr. Sein wissenschaftlicher Weg beginnt in den siebziger Jahren in den Anfängen unserer modernen Physik, und zwar mit den Arbeiten über die Gasentladungen — in einer Zeit, als nur wenige in Deutschland, außer ihm besonders *Plücker* und *Hittorf*, sich diesem Gebiete zuwandten. In den Arbeiten dieser Forscher darf man die Fundamente sehen, aus denen nach der Entdeckung der elektrischen Strahlen, Kathoden-, Kanal-, Röntgenstrahlen, der Radioaktivität, der stolze Bau unserer modernen Physik emporwuchs.

Eugen Goldstein wurde in Gleiwitz geboren, verlor im frühesten Kindesalter seine Eltern und wuchs bei Verwandten in Ratibor auf, wo er auch das Gymnasium absolvierte. Die Leidenschaft für die Physik wurde schon in seinem zehnten Lebensjahr in ihm ausgelöst, als er zufällig Gelegenheit hatte, einer eigentlich für ältere Hörer bestimmten physikalischen Demonstration beizuwohnen. Er konnte aber das Studium der Physik auf der Universität, die er 1869 in Breslau bezog, zunächst noch nicht ergreifen, da die Physik damals nicht als Berufsstudium galt, und mußte sich zunächst der Medizin zuwenden. Im Jahre 1870 ging er nach Berlin und hörte dort bei *Dove* Physik, bei *A. W. Hofmann* Chemie. 1871 trat er als der erste Praktikant in das von *Helmholtz* neu begründete physikalische Laboratorium ein, um sich nun ganz seinem Lieblingsfache zu widmen. *Helmholtz* interessierte sich bald für ihn und ist ihm stets ein treuer Berater und Förderer geblieben. Es gibt wohl keinen Menschen, von dem *Goldstein* mit einer so innigen Dankbarkeit und Verehrung spricht, wie von diesem seinem großen Lehrer. Im Jahre 1879 absolvierte *Goldstein* das Doktorexamen mit einer umfangreichen Dissertation „Eine neue Form elektrischer Abstoßung", welche die fundamentale Entdeckung der elektrostatischen Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlen enthält.

Fast alle Arbeiten *Goldsteins* liegen auf dem Gebiete der elektrischen Entladungen und beschäftigen sich mit den dabei auftretenden Leuchterscheinungen. Mitbestimmend hierfür ist die ungewöhnliche Begabung seines Auges, das die feinsten Farbennuancen zu unterscheiden und dauernd im Gedächtnis zu behalten weiß. *Goldstein* selbst ist der Ansicht, daß diese Begabung seine Arbeiten wesentlich gefördert hat.

Seine erste Arbeit (1) aus dem Jahre 1874 beschäftigte sich mit den Bedingungen für das Auftreten des Linien- bzw. Bandenspektrums eines Gases. Er weist nach, daß die verschiedenen Spektra nicht, wie *Wüllner* behauptete, durch Funken- resp. kontinuierliche Entladung, sondern durch den Druck des Gases und die Stromdichte bedingt sind. Seine zweite Arbeit (2) enthält vor allem die Entdeckung der elektrostatischen Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlen, die er, wie oben erwähnt, in seiner im Jahre 1880 erschienenen Doktorarbeit (6) ausführlich behandelt. In diesen Arbeiten wird zum erstenmal in der Literatur für die von *Plücker* entdeckten Strahlen der Name Kathodenstrahlen gebraucht. Weiter wird gezeigt, daß, im Gegensatz zu der bis dahin allgemein geltenden Ansicht, die in dem sogenannten positiven und negativen Licht der Entladung ganz ebensolche prinzipiellen Gegensätze wie in der positiven und negativen Elektrizität selbst sah, die Entladung allem äußeren Anschein entgegen einen durchaus *einheitlichen* Charakter hat, und daß ihre mannigfaltigen Gestalten, besonders im sogenannten geschichteten Licht, nur stufenweise Umbildungen des Kathodenlichtes sind und in ihren besonderen Formen lediglich durch die geometrischen Verhältnisse des Entladungsgefäßes bedingt sind.

Die nähere Beschäftigung mit dem geschichteten Lichte führte ihn (9) zum ersten quantitativen Gesetze, das für die Gasentladungen aufgestellt worden ist: Die Schichtintervalle l der geschichteten Säule ändern sich bei Änderung des Gasdruckes p nach dem Gesetze $\frac{l_0}{l_1} = \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^m$; wo m der Exponent des Goldsteinschen Gesetzes cet. par. eine für jedes Gas charakteristische Konstante ist.

Um das Jahr 1880 begann der Kampf der Theorien über die Natur der Kathodenstrahlen: in England war von *Crookes* eine Theorie aufgestellt worden, nach welcher die Strahlen aus von der Kathode fortgeschleuderten Gasteilchen bestehen sollten. Von *Goldstein* wurde nachgewiesen, daß die Kathodenstrahlen *nicht* aus abgeschleuderten Gasteilchen bestehen können. Da anscheinend nur die Alternative Gasteilchen oder Äther bestand, so versuchte man in Deutschland (*Goldstein, Hertz, Lenard*) die Kathodenstrahlen als eine Ätherbewegung aufzufassen. Seither ist bekanntlich eine dritte Anschauung die herrschende geworden, die weder das Gas noch den Äther, sondern Teilchen freier Elektrizität, die „Elektronen", als das Substrat der Kathodenstrahlen betrachtet. *Goldstein* selbst wurde durch das weitere Studium der Tatsachen des Gebietes zu hervorragenden Entdeckungen geführt: Außer dem schon erwähnten Nachweis der elektrostatischen Ablenkung fand er die Striktionskathodenstrahlen (2, 4), die Reflexion (7) der Kathodenstrahlen, die Sekundärstrahlen (15). Er stellte die erste Geschwindigkeitsmessung der Kathodenstrahlen an (4). Er beschrieb die Herabsetzung

der Entladungsspannung durch glühende Kathoden, deren Priorität oft unzutreffenderweise *Hittorf* zugeschrieben wird.

Am 29. Juli 1886 legte *Helmholtz* der Berliner Akademie eine Arbeit *Goldsteins* vor, betitelt „Über eine noch nicht untersuchte Strahlungsform an der Kathode induzierter Entladungen" (18). Sie enthält die Entdeckung der Kanalstrahlen, die von allen Arbeiten *Goldsteins* wohl den größten Einfluß auf die Entwicklung unserer modernen Physik gehabt hat. Neben der Radioaktivität und den Röntgenstrahlen ist es vor allem das Studium der Kanalstrahlen gewesen, das uns die Kenntnis vom Wesen und Aufbau des Atoms verschafft hat. Die Arbeit enthält des weiteren die Entdeckung einer den Kanalstrahlen verwandten Strahlenart, der in derselben Richtung wie die Kathodenstrahlen laufenden, von *Goldstein* später näher untersuchten und K_1-Strahlen genannten Strahlen, sowie der sogenannten Nebelstrahlen. Wie bei den Kothodenstrahlen neigte *Goldstein* auch für die Kanalstrahlen zunächst mehr einer Äthertheorie zu. Erst um die Jahrhundertwende ist durch die Arbeiten *Willy Wiens* nachgewiesen worden, daß die Kanalstrahlen aus den im Kathodenfalle beschleunigten Gasionen bestehen, die sich durch Umladung zum Teil neutralisiert haben. Das Jahr 1902 brachte die schöne Untersuchung *Goldsteins* über die Erzeugung der Kanalstrahlen an Doppelkathoden (42). Diese Untersuchungen wurden 1910 in einer weiteren Arbeit fortgesetzt (58). An dieser Stelle sei noch seiner jüngsten Arbeiten über die Erzeugung von Kanalstrahlen an der *Anode* gedacht, bei denen die für die Entstehung der Strahlen nötigen großen elektrischen Felder dadurch erzeugt werden, daß die Anode in starke magnetische Felder gebracht wird (72, 73). Gleichzeitig beschreibt er eine neue Gruppe von Phänomenen, die er als *Isolator-Entladungen* bezeichnet. Dabei ergibt sich, daß unter geeigneten Bedingungen *an der Anode*, die nach den bisherigen Entdeckungen keinerlei hervorstechende Charaktere zeigt, eine so große Anzahl charakteristischer neuer Strahlungs- und Leuchterscheinungen hervorgerufen werden kann, daß dadurch die Fülle der bisher an der Kathode beobachteten Erscheinungen noch bei weitem übertroffen wird.

Wenden wir uns jetzt einem anderen großen Gebiete zu, das von *Goldstein* erschlossen und in ausgiebiger Weise durchforscht worden ist: die beim Auftreffen von Kathodenstrahlen auf verschiedene feste Substanzen entstehenden Färbungserscheinungen. Im Jahre 1894 fand *Goldstein* (26), daß zahlreiche bis dahin stets nur als farblos bekannten Alkalisalze, wie z. B. Kochsalz, Bromkalium, Chlorkalium etc., unter der Einwirkung von Kathodenstrahlen lebhafte Färbungen annehmen, welche die Bestrahlung überdauern. Diese „Nachfarben" sind teilweise in hohem Maße lichtempfindlich. Später zeigte er dann (37), daß auch noch andere Substanzen als Alkalisalze in den Kathodenstrahlen Nachfarben annehmen, die je nach den Entstehungsbedingungen sich ganz verschieden verhalten (Nachfarben erster und zweiter Klasse). Auch ergibt sich, daß Radiumstrahlen und ultraviolettes Licht hierbei die gleichen Effekte hervorbringen wie Kathodenstrahlen. 1903 fand er (46), daß zahlreiche organische Substanzen, die bei gewöhnlicher Temperatur in den Kathodenstrahlen farblos bleiben, ebenfalls kräftige Nachfarben annehmen, wenn sie durch flüssige Luft abgekühlt werden. Daß es sich dabei nicht um chemische Zersetzungen handelt, folgt u. a. daraus, daß auch ein *Element*, der Schwefel, eine Nachfarbe annimmt. In einem zusammenfassenden Vortrag auf der englischen Naturforscherversammlung in Melbourne (69) erklärt er die Nachfarben durch einen besonderen Zustand der Materie, in welchem die Atome des Salzmoleküls nicht wie sonst fest aneinander gebunden sind, sondern Metall- und Metalloidatom in einer sehr geringen Entfernung voneinander frei bleiben und sich unter dem Einfluß des Tageslichtes allmählich wieder vereinigen. Der neue Zustand wird als „Distension" bezeichnet. Schon früher (33) hatte *Goldstein* sich mit den Bedingungen befaßt, unter denen Fluoreszenz resp. Phosphoreszenz durch die Einwirkung von Kathodenstrahlen auftritt, und er hatte festgestellt, daß bei zahlreichen Körpergruppen, Oxyden, Salzen, Säuren usw. eine Phosphoreszenz durch sehr geringe Beimengungen bedingt wird. Schon weniger als ein Zehnmilliontel der fremden Substanz kann das Auftreten der charakteristischen Phosphoreszenz bewirken. Die letztere gibt daher ein äußerst empfindliches analytisches Reagenz, durch welches die chemischen Methoden übertroffen werden. 1904 fand *Goldstein* (49, 50), daß sehr zahlreiche organische Substanzen aus der sogenannten aromatischen Gruppe bei Kathodenbestrahlung, besonders in sehr tiefen Temperaturen, diskontinuierliche Phosphoreszenzspektra zeigen, die für jede einzelne Verbindung ebenso charakteristisch sind, wie z. B. die Gasspektra der Elemente. Dabei kann aber fast jede einzelne Substanz je nach den Versuchsbedingungen drei verschiedene Spektra zeigen von verschiedenem Charakter, die aber wieder nur ihr selbst angehören (Vorspektrum, Hauptspektrum, Lösungsspektrum) und die von einer Verbindung zur andern verschieden sind (57, 59, 64). Später zeigte er dann, daß diese Spektra der festen aromatischen Körper auch durch ultraviolettes Licht, durch Radium- und Kanalstrahlen hervorgerufen werden können (65, 66).

Schließlich seien hier noch zwei hervorragende spektroskopische Entdeckungen *Goldsteins* erwähnt: die Auffindung des zweiten Heliumspektrums (67) und die Entdeckung der sogen. „Grundspektra" (55, 60) der Alkalien. Die theoretische Auswertung all dieser spektroskopischen

Arbeiten ist erst im Werden, und es ist gar nicht abzusehen, zu welchen neuen Einblicken in die Konstitution der Materie wir durch sie noch geführt werden.

Die mehr in das einzelne gehende Besprechung der verschiedenen Arbeitsgebiete *Goldsteins* ist besonderen Aufsätzen in diesem Heft vorbehalten. Hier sei nur noch auf eins hingewiesen. Gerade die Gasentladung ist für die Technik eine überaus wichtige Grundlage ihrer Betätigung geworden. *Goldstein* selbst hat sich mit technischen Problemen nie beschäftigt. Nur eine seiner Arbeiten, die Ozondarstellung (45), scheint mir ein unmittelbar für die Technik geeignetes Verfahren zu enthalten, ist aber meines Wissens bis jetzt praktisch nicht angewendet worden.

Dagegen hat *Goldstein* sich mehrfach in seinen Untersuchungen mit kosmisch-physikalischen Problemen beschäftigt. Er hat als erster die Annahme ausgesprochen (10), daß von der Sonne Kathodenstrahlen durch den Weltraum bis zur Erde vordringen und an ihr diejenigen Phänomene erzeugen, deren Koinzidenz mit Sonnenphänomenen schon lange aufgefallen war (Nordlichter, Erdmagnetismus, Erdstrom usw.).

Es ist *Goldstein* auch gelungen, die wesentlichen Besonderheiten der Kometenerscheinungen experimentell nachzubilden (24, 29, 30). *Goldstein* betrachtet die Kometenschweife als sekundäre Kathodenstrahlen, welche an der den Kometenkern bildenden Meteoritenwolke durch die von der Sonne ausgehenden Kathodenstrahlen hervorgerufen werden. Durch elektrostatische Abstoßung seitens der Sonne werden diese Sekundärstrahlen annähernd in die Verlängerung des Radiusvektors des Kometenkernes zurückgebogen.

Überblicken wir *Goldsteins* Arbeiten, so fällt uns auf, wie stets mit den geringsten technischen Mitteln große experimentelle Erfolge erzielt werden. Er erinnert in dieser Beziehung an *Faraday*, bei dem uns immer wieder der geringe Aufwand technischer Mittel in Erstaunen setzt, mit dem die physikalischen Erscheinungen klar und eindeutig vorgeführt werden.

Goldsteins Leben ist an äußeren Ehrungen, namentlich von seiten seiner Landsleute, nicht sehr reich gewesen. Im Jahre 1903 erhielt er einen Preis von der Pariser Akademie, im Jahre 1908 die Hughes-Medaille von der Royal Society. 1919 ernannte ihn die Deutsche Physikalische Gesellschaft zum Ehrenmitgliede.

Im Jahre 1909 folgte *Goldstein* einer Einladung der British Association zu ihrer Versammlung nach Canada, ebenso 1914 vor Ausbruch des Krieges nach Australien. Über seine Erlebnisse in Australien nach Beginn des Krieges und während der Heimreise hat er in der Frankfurter „Umschau“ vom 6. Februar 1915 berichtet.

Was die äußeren Verhältnisse des Forschers anlangt, so mußte er seine Untersuchungen längere Zeit, unterstützt durch Bewilligungen von seiten der Berliner Akademie der Wissenschaften, als Privatgelehrter ausführen. Im Jahre 1888 wurde er, nachdem der damalige Minister *v. Goßler* durch *W. Förster*, den Direktor der Berliner Sternwarte, auf ihn aufmerksam geworden war, als Physiker an der Sternwarte etatsmäßig angestellt. Doch hatten auch dann seine Untersuchungen wegen Mangel an Raum und Fonds, ungeachtet der Bemühungen *Foersters* und verschiedener Landtagsabgeordneter noch ein Dezennium mit erheblichen Schwierigkeiten zu kämpfen, so daß sie mehrfach für längere Zeit unterbrochen werden mußten. Auf diese soll hier nicht näher eingegangen werden. Auch späterhin haben die für *Goldstein* verfügbar gemachten Mittel niemals zur Besoldung einer wissenschaftlichen Hilfskraft ausgereicht. Seit 1898 arbeitet er, unterstützt von einem zugleich als Laboratoriumsdiener und universelle technische Hilfskraft fungierenden Glasbläser, in einem aus den verfügbaren bescheidenen Fonds gemieteten Laboratorium in Berlin-Schöneberg.

Als *Goldstein* 1889 bis 1892 genötigt war, auch die Gastfreundschaft der Berliner Urania für seine Untersuchungen in Anspruch zu nehmen, begründete er zugleich die physikalische Abteilung dieses Instituts und arbeitete die inzwischen allbekannt gewordene Methode aus, nach der jeder Laie durch einfachste Handgriffe (Knopfdruck, Schnurziehen, Hebelumlegen) ein physikalisches Experiment ohne jede pädagogische Beihilfe ausführen kann. Die Goldsteinsche Methode des Selbstunterrichts durch physikalische „Automaten“ ist dann später auch vom Deutschen Museum in München übernommen worden.

Goldstein hat nie darnach gestrebt, in der Öffentlichkeit hervorzutreten. Die Freude an der Arbeit war sein Lebensinhalt. Wir hoffen, daß er sich noch viele Jahre der reichen Früchte freuen darf, die seine geistige Saat trägt, und daß uns noch manche Arbeit von ihm auf dem Wege der physikalischen Erkenntnis vorwärts bringen wird.

Verzeichnis der Veröffentlichungen Goldsteins.

1. Über Beobachtungen an Gasspektris, Berl. Monatsber. 1874, 593—610; Pogg. Ann. *CLIV*, 128; Phil. Mag. *XLIX*, 333.
2. Vorläufige Mitteilungen über elektrische Entladungen in verdünnten Gasen. Berl. Monatsber. 1876, 279—295; Phil. Mag. *IV*, 353—363.
3. Über die Entladung der Elektr. in verdünnten Gasen. Berl. Monatsber. 1880, S. 82—106; Wied. Ann. *XI*, 832—856; Phil. Mag. *X*, 173—190.
4. Über elektr. Lichterscheinungen in Gasen, Berl. Monatsber. 1880, 106—124; Wied. Ann. *XII*, 90—109; Phil. Mag. *X*, 234—247.

5. Über einige Erscheinungen an Geißlerschen Röhren, Wien. Sitzungsber. 1876.
5a. Über die durch elektr. Strahlen erregte Phosphoreszenz, Wien. Sitzungsber. *LXXX*, 151—156, 1879.
6. Eine neue Form elektrischer Abstoßung 197 pp., Berlin (b. Springer), 1880, Beibl. *IV*, 832—850.
7. Über die Reflexion elektrischer Strahlen, Berl. Monatsber. 1881, 775—781.
8. Über den Einfluß der Kathodenform auf die Verteilung des Phosphoreszenz-Lichtes Geißlerscher Röhren, Berl. Monatsber. 1881, 781—802.
9. Über den Zusammenhang zwischen Gasdichte und Schichtintervall in Geißlerschen Röhren, Berl. Monatsber. 1881, 876—878.
10. Über die Entladung der Elektrizität in verdünnten Gasen, Wied. Ann. *XII*, 249—279.
11. Über das Banden-Spektrum der Luft, Sitzungsber. d. Wiener Akad. v. 6. Oktober 1881; Wied. Ann. *XV*, 280—289.
12. Über Elektrizitätsdurchgang durch Vakua, Wien. Anz. 1882, 58.
13. Über elektrische Leitung im Vakuum, Berl. Akad. 1884, 63—73; Wied. Ann. *34*, 79—92; 1885.
14. Über das Nachleuchten Geißlerscher Röhren, Verh. Berl. Phys. Ges. 1883, 16.
15. Über den Einfluß leitender Flächen innerhalb der zweiten Schicht des Kathodenlichtes Geißlerscher Röhren, Wien. Anz. 1884, 32—34.
16. Über Figuren auf Kathoden Geißlerscher Röhren, Wien. Anz. 1884, 34—35.
17. Die Emissionsspektra erster Ordnung bei den Haloiden, Verh. Phys. Ges. Berlin *V*, 38—41.
18. Über eine noch nicht untersuchte Strahlungsform an der Kathode induzierter Entladungen, Sitz.-Ber. der Berl. Akad. 1886, 691—699.
19. Thermometer als Druckmesser, Verh. Phys. Ges., S. 19, 1886.
20. Über Lichterscheinungen in luftverdünnten Räumen, Polyt. Notizb. *47*, 103—104, 1892.
21. Über die sogen. Schichtung des Kathodenlichtes induzierter Entladungen, Berl. Sitz.-Ber. *40*, 817—839, 1892; Wied. Ann. *51*, 622—637, 1894.
22. Über eine Eigenschaft der Anode Geißlerscher Röhren, Verh. Phys. Ges. *11*, 75—80, 1892; Wied. Ann. *48*, 785—787, 1893.
23. Über die scheinbare gegenseitige Abstoßung gleichgerichteter Kathodenstrahlen, Verh. D. Phys. Ges. *11*, 787—790, 1892; Wied. Ann. *48*, 785—787, 1893.
24. Über Nachbildung von Kometenerscheinungen, Astr. Vierteljahrsschrift 1893, 159.
25. Über einige Arten Kathodenstrahlen, Verh. d. D. Phys. Ges. *13*, 5, 1894.
26. Über die Einwirkung von Kathodenstrahlen auf einige Salze, Berl. Ber. 1894, 937—946; Wied. Ann. *54*, 371—380, 1895.
26a. Über die durch Kathodenstrahlen hervorgerufenen Färbungen einiger Salze, Berl. Sitz.-Ber. *45*, 1017—1024, 1895.
27. Über Aufnahmen mit Röntgenstrahlen, Berl. Ber. 1896, 667—672.
28. Über die Struktur des Kathodenlichtes und die Natur der Lenardschen Strahlen, Berl. Ber. 1897, 905—914; Wied. Ann. *67*, 84—94, 1899.
29. Remarques sur les rayons cathodiques, Comptes Rendus *126*, 1199—1201, 1898.
30. Sur les rayons cathodiques simples, Comptes Rendus *127*, 318—321, 1898.
31. Über Spektra von Gasgemischen und von Entladungshüllen, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *2*, 110—112, 1900.
32. Über Kanalstrahlen, Phys. Zeitschr. *1*, 133—134, 1899.
33. Über die Phosphoreszenz anorganischer chemischer Präparate, Berl. Ber. 1900, 816—828.
34. Über den sogen. Dunkeln Kathodenraum, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *2*, 142—144, 1900.
35. Über sichtbare und unsichtbare Kathodenstrahlen, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *3*, 192—203, 1901.
36. Über Kanalstrahlen, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *3*, 204—212, 1901.
37. Über Nachfarben und die sie erzeugenden Strahlungen, Berl. Ber. 1901, 222—229.
38. Über umkehrbare Lichtwirkungen, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *3*, 182—188, 1901.
39. Über das Phänomen der „Fliegenden Schatten", Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *3*, 189—190, 1901.
40. Über die erste Schicht des Kathodenlichtes induzierter Entladungen, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *4*, 64—71, 1902.
41. Über Kathodenstrahlen von geringem Entladungspotential, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *4*, 204—211, 1902.
42. Über die Kanalstrahlengruppe, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *4*, 228—244, 1902.
43. Über den Einfluß der Lichtbrechung auf Beobachtungen an Geißlerschen Röhren, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *4*, 4—12, 1902; Ann. der Physik *8*, 94—102, 1902.
44. Notiz über Erkennung von Undichtigkeitsstellen an Entladungsröhren, Phys. Zeitschr. *3*, 153—154, 1902.
45. Über Ozonbildung, Chem. Ber. *36*, 3042—3046, 1903.
46. Über die Einwirkung von Kathodenstrahlen auf anorganische und organische Präparate, Chem. Ber. *36*, 1976—1984, 1903.
47. Über einige Versuche mit dem Gieselschen Emanationskörper, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *5*, 392—403, 1903.
48. Über elektrische Entladungserscheinungen und ihre Spektra, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *6*, 315—324, 1904.
49. Über diskontinuierliche Leuchtspektra fester organischer Körper, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *6*, 156—170, 1904.
50. Über die Emissionsspektra aromatischer Verbindungen, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *6*, 185—190, 1904.
51. Über Sauerstoffentziehung durch Platin, Chem. Ber. *37*, 4147—4148, 1904.
52. Untersuchung der Phosphoreszenz anorganischer Präparate, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *7*, 16—19, 1905.
53. Notiz über Schaltvorrichtungen für Entladungsröhren, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *9*, 315—317, 1907.
54. Über das Auftreten roten Phosphoreszenzlichtes an Geißlerschen Röhren, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *9*, 598—605, 1907.
55. Über zweifache Linienspektra chemischer Elemente, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *9*, 321—332, 1907; Phys. Zeitschr. *8*, 674—679, 1907.
56. Über Erzeugung von Linienspektren, Ann. d. Phys. *27*, 773—796, 1908.
57. On Threefold Emission-Spectra of solid Aromatic Compounds, Report Brit. Assoc. Winnipeg 1909.

58. Einfache Anordnungen zur Erzeugung von Kanalstrahlen, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *12*, 661 bis 681, 1910; Phys. Zeitschr. 873—880, 1910.
59. Über einen besonderen Typus diskontinuierlicher Emissionsspektra fester Körper, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *12*, 376—384; Phys. Zeitschr. *11*, 430—433, 1910.
60. Über die Darstellung der Grundspektra von Kalium, Rubidium und Caesium, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *12*, 426—443, 1910; Phys. Zeitschr. *11*, 560—568, 1910.
61. Über die Erzeugung von Kanalstrahlen in Kalium, Rubidium und Caesium, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *13*, 972—973, 1911.
62. Zur Orientierung an Spektrogrammen, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *13*, 419—422, 1911.
63. Notiz über die farbige Projektion ungefärbter Spektrogramme, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *13*, 423—425, 1911.
64. Über die Untersuchung der Emissionsspektra fester aromatischer Substanzen mit dem Ultraviolettfilter, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *13*, 378—392, 1911.
65. Über die Emissionsspektra aromatischer Verbindungen in ultraviolettem Lichte, in Kathodenstrahlen, Radiumstrahlen und Kanalstrahlen, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *14*, 33—42, 1912; Phys. Zeitschr. *13*, 188—193, 1912.
66. Über die Hervorrufung der Hauptspektra aromatischer Verbindungen durch ultraviolettes Licht, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *14*, 493—505, 1912; Phys. Zeitschr. *13*, 577—583, 1912.
67. Über ein noch nicht beschriebenes, anscheinend dem Helium angehörendes Spektrum, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *15*, 402—412, 1912.
68. Über Kanalstrahlen, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *16*, 545—566, 1914.
69. On Salts coloured by Cathode-Rays, Report of the British Assoc. for 1914, Nature *94*, No. 2357, 1914; Chem. News *111*, S. 27, 1915.
70. Eine neue Gruppe elektrischer Lichterscheinungen, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *17*, 256—258, 1915.
71. Über einige neuere Ergebnisse der Spektralanalyse, Deutsche Revue, 1914, S. 95—101 und S. 235—245.
72. Über elektrische Strahlungs- und Leuchterscheinungen an Entladungs-Anoden, 1. Mitteilung, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *20*, 123—158, 1918.
73. (Dasselbe Thema). Zweite Mitteilung, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. *21*, 559—571, 1919.

Kanalstrahlen.

Von E. Gehrcke, Berlin.

Im Jahre 1886 machte *Goldstein* eine Entdeckung, deren Tragweite wohl damals keinem Zeitgenossen bewußt wurde und die wie nur wenige geeignet ist, dem Namen des Entdeckers in der Wissenschaft einen dauernden Platz zu sichern. *Goldstein* hatte bei seinen Untersuchungen über die Entladungserscheinungen in verdünnten Gasen gelegentlich eine Elektrode verwandt, die aus einem engmaschigen Drahtnetz bestand. An einer solchen entdeckte er, wenn er sie zum negativen Pol machte, in verdünnter Luft eine neuartige, sehr auffällige, goldgelb gefärbte Lichthülle. Besonders auffällig war hieran, daß die Lichthülle in demjenigen Raumteil auftrat, welcher auf der der *andern* Elektrode, der Anode, *ab*gewandten Seite lag. Die weitere Untersuchung ergab, daß die Lichterscheinung aus regelmäßigen Strahlen bestand, welche geradlinige Ausbreitung haben, und daß von jeder engen Öffnung, von jedem „Kanal“ in einer Kathode ein solches gelbes Strahlenbündel ausging. *Goldstein* bezeichnete die Strahlen mit dem Namen „Kanalstrahlen“, der von der Fachwelt angenommen wurde. Er ist ganz frei von jeder theoretischen Deutung der Erscheinung und nimmt nur in einfacher und treffender Weise auf das direkt Festgestellte, Beobachtbare Bezug, er ist daher übrigens kennzeichnend für *Goldsteins* aufs Experimentelle, rein Beobachtbare gerichtetes Streben, das allen kühnen Phantasien und Hypothesen durchaus fremd ist.

Des historischen Interesses wegen ist in nebenstehender Figur *Goldsteins* erste Kanalstrahlenröhre nach seiner Veröffentlichung aus den Sitzungsberichten der Berliner Akademie vom

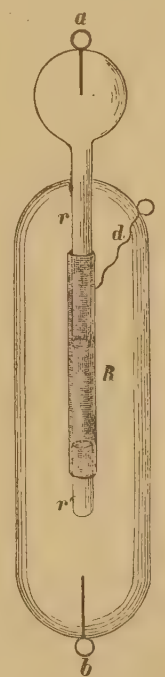


Fig. 1.

Goldsteins erste Kanalstrahlenröhre.

29. Juli 1886 wiedergegeben. *R* ist die aus einem engmaschigen Drahtnetz bestehende, zylindrische Kathode, die durch den Zuleitungsdraht *d* mit dem negativen Pol des Induktoriums verbunden

ist; *a* ist die aus einem Drahtende bestehende Anode. Bei dieser Anordnung sendet die Netzkathode *R* goldgelbe Kanalstrahlen aus, die den ganzen Raum von der Kathode bis zur Wand des 5 cm weiten Gefäßes vollständig erfüllen.

Die allgemeinen Bedingungen für das Auftreten der Kanalstrahlen gab *Goldstein* bereits in seiner ersten Mitteilung über den Gegenstand an. Die Strahlen traten nämlich immer dann auf, wenn die Kathode den Raum des Entladungsraumes derart in zwei Teile trennt, daß der eine Teil die Anode enthält, und beide Teile nur durch enge Öffnungen in Verbindung sind. Von den wohlbekannten Kathodenstrahlen sind die Kanalstrahlen erheblich verschieden. Während die ersteren beim Auftreten auf eine Glaswand *helles* grünes Phosphoreszenzlicht erzeugen, erregen die Kanalstrahlen das Glas nur zu *schwachem grünen* und außerdem im allgemeinen noch zu *gelbem* Leuchten. Diese doppelte Phosphoreszenz des Glases ist ein sehr eigenartiges Phänomen und kann zur Erkennung der Kanalstrahlen dienen. Das *gelbe* Leuchten kommt, wie *Goldstein* fand, von einer äußerst dünnen *Gas*schicht auf der innern Oberfläche der Glaswand her und besteht, wie das Spektroskop zeigt, nur aus den *D*-Linien des Natriums; letzteres wird offenbar aus der natriumsalzhaltigen Glaswand durch die Bestrahlung freigemacht.

Während die Kathodenstrahlen nach *Plücker* magnetisch ablenkbar sind, wurden die Kanalstrahlen bei *Goldstein* auch durch starke Magnete *nicht* abgelenkt. Dieser Befund *Goldsteins* ist zwar später durch *W. Wien* dahin abgeändert worden, daß auch die Kanalstrahlen ein wenig — rund 1000 mal weniger als Kathodenstrahlen — magnetisch ablenkbar sind. Aber *Goldsteins* Bemühungen, eine schwache magnetische Ablenkbarkeit festzustellen, haben doch insofern ein positives Ergebnis gezeitigt, als bei der von ihm benutzten Beobachtungsweise, wo die magnetische Ablenkbarkeit der im *Gase* selbst auf ihrem Wege durch das Entladungsrohr leuchtenden Strahlen verfolgt wurde, tatsächlich nicht die geringste magnetische Ablenkbarkeit besteht; wohl aber sind die auf der *Glas*wand erzeugten *Phosphoreszenzflecke* magnetisch ablenkbar. Man hat hieraus geschlossen, daß die Kanalstrahlen aus mehreren Strahlenarten zusammengesetzt sind, von denen die einen, die *Goldstein* in seinen Ablenkungsversuchen vor sich hatte, welche das *Gas*, aber nicht das Glas zum Leuchten erregen, magnetisch unbeeinflußbar, die andern aber, die *W. Wien* zuerst untersuchte, welche *nicht* das Gas, wohl aber das Glas zum Leuchten bringen, magnetisch ablenkbar sind.

Gleichzeitig mit den Kanalstrahlen entdeckte *Goldstein* eine Strahlenart, die den Kanalstrahlen in mancher Hinsicht ähnlich ist, und die er K_1-Strahlen nannte. Diese stellten sich als den Kanalstrahlen offenbar ähnlich heraus, sie entstehen aber unter ganz anderen Bedingungen.

Goldstein hat diese Untersuchungen nach Jahrzehnten, als die Kanalstrahlen von vielen anderen Physikern in den verschiedensten Richtungen durchforscht waren, von neuem aufgenommen und dabei auffällige, bis dahin allen Beobachtern entgangene kanalstrahlenähnliche Strahlen gefunden. Es sei hier nur an die frei im Entladungsraum liegenden Doppelkathoden *Goldsteins* erinnert, welche aus zwei mit parallelen Flächen einander gegenübergesetzten Polygonen, wie Quadraten, regulären Fünfecken usw., gebildet sind und die, je nach ihrer geraden oder ungeraden Seitenzahl entweder aus den Seiten oder aus den Winkelpunkten der Polygone kanalstrahlenartige Lichtbündel entsenden. Auch die sogen. S_1-Strahlen sind hier zu nennen. Erwähnt sei ferner, daß die K_1-Strahlen *Goldsteins* auch von *J. J. Thomson* beobachtet wurden und deshalb in der Literatur zuweilen als Thomsonsche Strahlen bezeichnet werden; *Goldstein* gebührt aber die Priorität der Entdeckung. Wie kompliziert die Erscheinung der Kanalstrahlen ist, wird u. a. dadurch kenntlich, daß *Goldstein* nicht weniger als fünf Strahlenarten unterscheidet: 1. eigentliche Kanalstrahlen; 2. regelmäßige Nebelstrahlen, welche die eigentlichen Kanalstrahlen einhüllen; 3. diffuse Strahlen, die nach *Goldstein* vermutlich durch das Auftreffen der eigentlichen Kanalstrahlen oder Nebelstrahlen auf die Gasteilchen veranlaßt werden; 4. K_1-Strahlen; 5. S_1-Strahlen. Durch die Untersuchung der Kanalstrahlen und ihrer verschiedenen Gruppen ist man dahin gelangt, sich genauere theoretische Vorstellungen über das Wesen der Kanalstrahlen selbst zu bilden. Ferner haben diese Strahlen dazu gedient, die Basis der ersten Beobachtungen *Goldsteins* ins Ungeahnte zu erweitern[1]) und dazu beigetragen, den Mechanismus des Leuchtens und seine Träger aufzuklären, es haben sich wichtige chemische Fragen lösen lassen und Schlüsse über das Atom und des Ion, ja sogar über das *Innere* des Atoms ziehen lassen, was ohne die von *Goldstein* geschaffenen Grundlagen nicht möglich gewesen wäre: Grundlagen, auf denen als auf sicheren, wissenschaftlichen Ergebnissen fußend, die Forschung anknüpfen und weiterbauen konnte, und die deshalb als Muster exakter Forschungsarbeit dastehen.

Obgleich *Goldstein*, der seiner Natur nach allem Spekulativen in der Wissenschaft fern steht und der als reiner Beobachter und kritischer Experimentator den Dingen gegenübertritt, sich vom Ausbau der Kanalstrahlenerscheinungen in

[1]) Insbesondere seien erwähnt: die Untersuchungen von *W. Wien* über die Einwirkung elektrischer und magnetischer Felder auf die Kanalstrahlen, die Darstellung von Metallstrahlen aus der Anode von *Gehrcke* und *Reichenheim*, die Entdeckungen von *J. Stark* des *Doppler*-Effekts und der elektrischen Linienaufspaltung, die Messungen an Kanalstrahlen durch *v. Dechend* und *Hammer*, *J. J. Thomson* und *Aston*, die sich zu einer Methode der Atomgewichtsbestimmung und zur Auffindung isotoper Elemente entwickelt haben.

theoretischer und quantitativer Hinsicht zurückgehalten hat, vermochte er dennoch, lange nach seiner ersten Entdeckung der Kanalstrahlen, in seiner Weise weiter arbeitend, seinen Zeitgenossen neue und überraschende Dinge über die Kanalstrahlen zu enthüllen — Entdeckungen, die gerade dem durch keine Voreingenommenheit theoretischer Art befangenen, strengen Experimentator vorbehalten bleiben mußten. *Goldstein* führte zunächst in einer im Jahre 1914 in den Verhandl. d. D. phys. Ges. erschienenen Abhandlung seine früheren Versuche über den Einfluß der *Form* der Kathoden auf die Kanalstrahlen weiter fort und fand die für alle Fachleute überraschenden Kanalstrahlenbündel, die aus den sogen. Brennpunkten von Kanalstrahlen neu entstehen und auf die dort vorhandene, starke Ionisation zurückgeführt werden. Ferner fand er im Jahre 1918 (Verhandl. d. D. phy. Ges. *20*), daß auch an der Anode eines gewöhnlichen Entladungsrohres eine Fülle von sehr charakteristischen und auffälligen Erscheinungen zutage tritt, wenn man sie in einem genügend starken Magnetfeld anbringt. Es gelang ihm auf diesem Wege auch in *reinem* Gase von der Anode sich ausbreitende kanalstrahlenartige Erscheinungen zu erhalten, die er als Magnetkanalstrahlen bezeichnete. Diese und die von ihm sogen. „Fächerstrahlen" bilden die zuletzt gefundene Abart kanalstrahlenartiger Strahlen, für welche man heute meist den Sammelnamen „positive Strahlen" oder „Massestrahlen" gebraucht. Erst diese modernen Bezeichnungsweisen machen deutlich, welche allgemeine physikalische Bedeutung den „Kanalstrahlen" *Goldsteins* zukommt, die diese in eine Reihe mit den Lichtstrahlen, Kathodenstrahlen und Röntgenstrahlen unter die Grunderscheinungen der Physik versetzt.

Über einige spektroskopische Arbeiten Goldsteins.

Von A. Sommerfeld, München.

Als ich im Frühjahr 1915 die Freude hatte, *Goldsteins* einzigartige Wirkungsstätte, eine für Glasbläserarbeiten und Röhrenbeobachtung adaptierte Etagenwohnung eines Mietshauses in Schöneberg, zu besuchen, bemerkte er, daß er von jeher ein besonders lebhaftes Unterscheidungsvermögen und Gedächtnis für Farben und Farbenunterschiede besessen habe und daß diese Gabe für seine wissenschaftlichen Arbeiten wesentlich gewesen sei. Was er mir an den zahllosen Geißler- und Vakuumröhren vorführte, war in der Tat eine wahre Symphonie von Farben- und Lichterscheinungen, vielfach überraschender und im einzelnen unaufgeklärter Natur. Es ist klar, daß ein so gerichtetes Interesse sich mit Vorliebe der beobachtenden Spektroskopie zuwenden mußte, nicht der Präzisionsmessung von Wellenlängen, nicht der quantitativen Erforschung der spektralen Gesetze, nicht den Ultras der einen oder anderen Seite, sondern den charakteristischen Leucht- und Linienerscheinungen unter wechselnden Bedingungen, ihrer Beschreibung und evtl. photographischen Fixierung, nicht dem Spektrometer, sondern dem Spektroskop.

Die wertvollste Frucht seiner spektroskopischen Arbeiten besitzen wir wohl in den *Grundspektren der Alkalien.* Seit dem Anbeginn der Spektroskopie waren die Serienspektren der Alkalien und ihre charakteristischen Flammenlinien die typischen Beispiele, an denen sich die Beobachtung orientierte und die Theorie entwickelte. Zwar waren außer den Serienlinien beim Natrium und besonders beim Kalium von *Eder* und *Valenta* Linien ohne Serienzusammenhang beobachtet, die überwiegend im Ultraviolett liegen. Aber eine besondere Aufmerksamkeit war ihnen nicht geschenkt worden. Da unternahm *Goldstein* 1907 eine systematische Untersuchung der Erregungsbedingungen der Alkalispektren (Verhandlungen d. D. Phys. Ges. *9*, S. 321). Er zwang den Alkalidämpfen in Röhren besonderer Form eine hohe Stromstärke der Entladung auf und sah zahlreiche unbekannte Linien auftreten. Wenn die so hergestellten Spektren nach dem oben Gesagten wohl nicht durchweg als neu gelten konnten, so war doch jedenfalls neu die Überzeugung von ihrer Wichtigkeit. Diese unterstrich *Goldstein*, indem er die neuen Spektren die *Grundspektren der Alkalien* nannte. Er konnte die Bedingungen so wählen, daß die Linien der Grundspektren rein und ohne Beimischung der Bogenlinien erschienen, während die in gewöhnlicher Weise aufgenommenen Funkenspektren der Alkalien beide Arten von Linien gleichzeitig aufwiesen.

Eine hinreichende Ausmessung der Grundspektren fehlt bis auf den heutigen Tag. *Goldstein* hat nur die sichtbaren Linien gemessen, *Eders* Schüler, *Schillinger* hat 1909 auch das ultraviolette Gebiet herangezogen, wo der Hauptlinienreichtum der Grundspektren liegt. Das große theoretische Interesse dieser Spektren verlangt neue ausgedehnte Messungsreihen.

Als *Kossel* und ich den von uns sogenannten spektroskopischen Verschiebungssatz aufstellten, waren uns die Grundspektren ein wertvolles Beispiel. Wir verglichen damals die Dublettspektren der alkalischen Erden mit den Dublettspektren der im periodischen System unmittelbar vorhergehenden Alkalien und sahen in den ersteren ein ins Ultraviolette geworfenes Abbild der letzteren. Die modellmäßige Vorstellung dabei war diese:

Ein Alkaliatom besteht aus einem inneren Kern- und Elektronenbau und *einem* äußeren Elektron, ein alkalisches Erdatom aus einem inneren System und *zwei* äußeren Elektronen. Wird dasselbe durch starke elektrische Anregung eines Elektrons beraubt, so wird es dem vorangehenden Alkaliatom ähnlich und emittiert wie dieses ein Spektrum von Doppellinien. Derselbe Schritt führt von den Alkalien zu den Edelgasen. Wenn man, wie es *Goldstein* tut, durch starke elektrische Anregung dem Alkaliatom sein äußeres Elektron entzieht, bleibt die geschlossene Schale des inneren Systems übrig. Viererlei spricht dafür, daß die Anordnung dieser Schale würfelförmig ist, daß nämlich 8 Elektronen nach den 8 Ecken eines Würfels (8 ist die heilige Zahl im periodischen System!) gruppiert sind und sich im Bewegungsgleichgewicht um diese befinden. Während das natürliche Alkaliatom durch sein äußeres Elektron stark elektropositiv wirkt, verhält sich das ionisierte, d. h. seines äußeren Elektrons beraubte Atom wegen der Abgeschlossenheit seiner Würfelkonstitution wie ein Edelgas. Die Spektren, die es bei weiterer Anregung emittiert, sind denen des vorangehenden Edelgases ähnlich, d. h. linienreich und serienlos und unterscheiden sich von ihnen nur dadurch, daß sie mit der Hauptzahl ihrer Linien mehr ins Violette gerückt sind.

Der Zusammenhang zwischen den Grundspektren der Alkalien und den Bogenspektren der Edelgase ist bisher nur qualitativ zu verfolgen, aber so überzeugend, daß man an seiner Richtigkeit kaum zweifeln wird. Herr *Kröhnert* hat auf meine Veranlassung in seiner (ungedruckten) Doktorarbeit den Zusammenhang quantitativ zu gestalten gesucht, indem er unter den Linien der Grundspektren von Na und K dieselben Regelmäßigkeiten („Sequenzen") nachzuweisen suchte, wie sie von den serienlosen Spektren der Edelgase her bekannt sind. Aber die Genauigkeit des Beobachtungsmaterials reicht bisher nicht aus, um diese Schlüsse sicher zu begründen.

Das besondere Interesse, welches die Gegenüberstellung von Serien- und Grundspektren der Alkalien hat, liegt darin, daß wir es hier mit der denkbar größten Verschiedenheit zu tun haben, die ein Atom aufweisen kann. Bei den Serienspektren ein äußeres, leicht abtrennbares Elektron, übersichtliche Bahnverhältnisse, einheitlicher Seriencharakter, bei den Grundspektren ein kompliziertes System von Elektronen, vermutlich in Würfelsymmetrie, gegenseitige Bedingtheit seiner Bewegungsverhältnisse, verworrener Charakter des Spektrums.

Kossel und ich haben die Grundspektren als die „Funkenspektren" der Alkalien angesprochen. *Goldstein* hat es seinerzeit abgelehnt, die Grundspektren auf eine Stufe mit den Funkenspektren zu stellen, indem er die experimentellen Bedingungen vor Augen hatte, unter denen sonst die Funkenlinien meist neben den Bogenlinien erregt werden. Wir haben die Bezeichnung Funkenlinien prinzipiell und definitionsgemäß auf die spektralen Auffassungen des ionisierten Atoms beschränkt, also mehr ein theoretisches als ein experimentelles Kriterium zu geben gewünscht. In diesem Sinne aufgefaßt, wird, wie wir hoffen, *Goldstein* unsere Terminologie gelten lassen. Daß dabei ein neuer, wesentlich abgeänderter Träger des Emissionsvorganges im Spiele ist, wird durch unseren allgemeinen Gebrauch des Wortes Funkenspektrum wie, in besonders glücklicher Weise, durch das Goldsteinsche Wort Grundspektren betont.

Von seinen zahllosen Beobachtungen an Kathodenstrahlen wurde *Goldstein* auch auf die Natur der durch Kathodenstrahlen gefärbten Salze und auf die Fluoreszenzspektren geführt. Systematisch untersuchte er die „Emissionsspektren aromatischer Verbindungen im ultravioletten Licht, Kathodenstrahlen und Kanalstrahlen". Was er hier über die Vorspektren, Hauptspektren und Lösungsspektren des Fluoreszenzlichtes sagt, klingt bereits an die allerdings viel bestimmter gefaßten und tiefer eindringenden Phosphoreszenzuntersuchungen *Lenards* an. In dieselbe Reihe gehört die Arbeit aus den Verhandlungen der D. Phys. Ges. vom Jahre 1911: „Untersuchung der Emissionsspektra fester aromatischer Substanzen mit dem Ultraviolettfilter". Wir können nicht umhin, eine Stelle daraus im Wortlaut herzusetzen: „Zwar waren jene Spektra zuerst nur unter der Einwirkung der Kathodenstrahlen hervorgetreten; doch war ich immer der Ansicht, daß sie auch durch rein optische Erregung zu gewinnen sein müßten, entsprechend dem von mir bisher stets mit Erfolg benutzten *heuristischen Prinzip, daß die Kathodenstrahlen so wirken, als wenn bei ihrem Aufprallen, zunächst an festen Körpern, äußerst kurzwelliges Ultraviolettlicht erregt würde.*" Er zitiert als Belegstellen für den Ursprung dieses Prinzips eine Arbeit aus der Wiener Akademie von 1879 und aus der Berliner Akademie von 1901. Lesen wir diese Stelle mit unseren heutigen Augen, so erscheint sie uns als qualitative Formulierung des Einsteinschen Gesetzes und als Vorwegnahme der Quantentheorie in ihrer prägnantesten Form. Wir dürfen also ohne Übertreibung sagen, daß *Goldstein* schon im Jahre 1879, als die Welt noch durch keine Quantenvorstellung beunruhigt war, aus der Anschauung seiner eingehenden, objektiven Kathodenstrahlerfahrungen heraus den vielleicht wichtigsten und jedenfalls rätselhaftesten Satz der Quantentheorie in allgemeinen Umrissen erkannt hatte. —

Schließlich kommen wir auf eine Entdeckung *Goldsteins*, deren Wichtigkeit und Merkwürdigkeit erst zu tagen beginnt, das *Bandenspektrum des Heliums*. *Goldstein* publiziert dieses 1913 in den Verhandlungen der D. Phys. Ges. und in der Physikalischen Zeitschrift und erläutert es durch

außerordentlich schöne Photogramme. Bald darauf und unabhängig von *Goldstein* ist es in England von *Curtis* entdeckt und von *Fowler* ausgemessen worden. Dieses Heliumspektrum bildet ein lehrreiches Bindeglied zwischen dem Viellinienspektrum des Wasserstoffs und den typischen Bandenspektren. Es klärt dadurch indirekt das Rätsel des Viellinienspektrums und ordnet dieses der Wasserstoffmolekel zu. Auch in quantitativer Hinsicht steht das Helium-Bandenspektrum in der Mitte zwischen dem Wasserstoff-Viellinienspektrum und z. B. den typischen Stickstoffbanden. Rechnet man nämlich mit *Lenz* nach der Theorie der quantenmäßigen Rotationen (*Bjerrum, Schwarzschild, Heurlinger, Lenz*) aus den Fowlerschen Messungen das Trägheitsmoment für den Träger dieses Spektrums aus, so findet man es etwa zehnmal so groß wie dasjenige der H_2-Molekel im Viellinienspektrum und etwa zehnmal so klein wie dasjenige der N_2-Molekel in den sog. Cyanbanden.

Dem Chemiker gibt dieses He-Spektrum eine harte Nuß zu knacken auf. Als Bandenspektrum gehört es zu einem molekularen Gebilde, einer He_2-*Molekel*; ein He-Atom hat kein merkliches Trägheitsmoment. Wir sehen also hier zum ersten Male ein inertes Atom wenigstens vorübergehend eine Verbindung eingehen; das einatomige Helium verhält sich zeitweise zweiatomig. Daß auch die von *Goldstein* beschriebenen Anregungsbedingungen dieses He-Spektrums gut zu der Vorstellung einer instabilen oder metastabilen He_2-Bindung passen, möge hier nur angedeutet werden. —

Goldstein hat seine wissenschaftliche Laufbahn in reinster Hingabe an das Phänomen, an die Licht- und Farbenerscheinung, durchlaufen. Kein wissenschaftlicher Ehrgeiz, kein Interesse am Unterricht oder an dem der Erscheinung angegliederten farblosen Begriffssystem der Theorie hat ihn von seinem eigentlichen Pfade abgelenkt. Auch sein Interesse an der wissenschaftlichen Mitteilung in Wort und Schrift scheint weit zurückgetreten gegenüber seinem brennenden Interesse an der Mannigfaltigkeit der Erscheinungen. Ohne seiner Bescheidenheit zu nahe treten zu wollen, werden wir ein wenig an *Goethes* leidenschaftliche Hingabe an die visuelle Erscheinung und an seine Ablehnung der dahinter wirkenden kausalen Fäden erinnert. Und so wollen wir unserem Jubilar, als Zusammenfassung seiner Arbeitsrichtung, die Worte von *Lynkeus-Goethe* in den Mund legen:

Ihr glücklichen Augen,
Was je ihr gesehn,
Es sei wie es wolle,
Es war doch so schön!

Die Untersuchungen Goldsteins über die Einwirkung der Kathodenstrahlen auf chemische Verbindungen.

Von W. Marckwald, Berlin.

Im Jahre 1894 machte *Eugen Goldstein* die überraschende Entdeckung, daß gewisse Alkalisalze, besonders die Halogenide, unter der Einwirkung von Kathodenstrahlen charakteristische und intensive Färbungen annehmen. Chlornatrium färbt sich gelbbraun, Chlorkalium violett, Bromkalium blau. Diese „*Nachfarben*“ zeigen eine mehr oder minder große Beständigkeit, solange die gefärbten Salze vor Licht geschützt und bei gewöhnlicher Temperatur aufbewahrt werden. Erhitzen und Belichten bringt die Farbe schnell zum Verschwinden.

Anfangs schien die Erscheinung auf eine kleine Zahl von Alkalisalzen beschränkt zu sein, bald aber konnte *Goldstein* zeigen, daß auch solche Salze, die zunächst keine Nachfarben im Kathodenlicht gegeben hatten, sich färbten, wenn sie vor der Bestrahlung geschmolzen oder doch hoch erhitzt worden waren. Nach dem Erkalten färbten sich unter der Einwirkung der Kathodenstrahlen zum Beispiel Kaliumsulfat grün, Natriumcarbonat rosa, Calciumchlorid lachsfarben, Baryumsulfat grünblau.

Eine *zweite Klasse von Nachfarben* zeigen die Salze, wenn sie während der Bestrahlung erhitzt werden. Sie nehmen dann nicht nur andere Farben an wie in der Kälte — so wird Natriumsulfat violett, Calciumchlorid graublau —, sondern die Nachfarbe ist dann auch viel beständiger sowohl gegen hohe Temperatur wie auch gegen Belichtung.

Diese zweite Klasse von Nachfarben ist weniger studiert worden. Die erste Klasse aber hat das Interesse der Chemiker und Physiker in hohem Maße in Anspruch genommen. Nach der Entdeckung des Radiums konnte *Giesel* zeigen, daß die von den radioaktiven Stoffen ausgehenden Strahlen die nämlichen Nachfarben an den Salzen hervorrufen wie die Kathodenstrahlen. *Goldstein* selbst fand ausgehend von der Hypothese, daß die Wirkung der Kathodenstrahlen wesentlich auf der Bildung ultravioletten Lichtes bei ihrem Auftreffen auf Hindernisse beruht, daß ultraviolette Lichtstrahlen ebenfalls die Nachfarben der Salze hervorrufen.

Über die Erklärung des Phänomens ist viel diskutiert worden. Der Umstand, daß *Giesel* ähnliche Färbungen von Alkalichloriden durch Einwirkung von Dämpfen der entsprechenden Metalle auf die Salze hervorrufen konnte, ließ vermuten, daß es sich um feste Lösungen der Metalle selbst oder von deren Subchloriden in den

Chloriden handle. Diese Auffassung widerlegte *Goldstein* besonders dadurch, daß er zeigte, daß die vollkommen farblose Lösung seiner gefärbten Salze, die auch bei der Verdampfung weißes Salz hinterläßt, neutral reagiert, während die Lösung der Gieselschen Salze alkalische Reaktion zeigt. Ferner sind die Gieselschen Färbungen ungleich lichtbeständiger als die Nachfarben erster Klasse. Hingegen scheinen die Veränderungen, die die Salze bei der Einwirkung des Kathodenlichtes in der Hitze erleiden, und die durch die Bildung der Nachfarben zweiter Klasse in Erscheinung tritt, mit den Gieselschen Salzen übereinzustimmen. Denn jene Salze lösen sich in Wasser mit alkalischer Reaktion.

Eine weitere Aufklärung über das Phänomen brachte die Untersuchung gewisser *Ammoniumsalze und organischer Halogenverbindungen.* Wenn man mit flüssiger Luft abgekühltes Ammoniumchlorid der Einwirkung der Kathodenstrahlen aussetzt, so färbt es sich gelbbraun. Die Färbung ist höchst licht- und temperaturempfindlich. Ähnlich färbt sich Ammoniumjodid braun und Ammoniumfluorid tiefblau. Auch die durch organische Radikale substituierten Ammoniumsalze zeigen Nachfarben erster Klasse, so z. B. Dimethylammoniumchlorid gelbgrün, Trimethylammoniumchlorid je nach der Temperatur gelblichrosa bis tiefgoldgelb, Tetramethylammoniumchlorid zitronengelb bis schwefelgelbgrün. Aber auch solche organischen Verbindungen, in denen das Halogen *komplex* gebunden ist, wie Chlor- und Bromessigsäure, Bromoform, Chloral erleiden bei der Temperatur der flüssigen Luft durch Kathodenstrahlen lichtempfindliche Färbungen, die hingegen bei den entsprechenden halogenfreien Verbindungen (Essigsäure, Aldehyd) ausbleiben. Könnte bei den Ammoniumsalzen allenfalls noch an die Bildung des Ammoniumradikals gedacht werden, so ist eine derartige Annahme bei den zuletzt genannten Verbindungen ausgeschlossen. *Goldstein* kommt daher zu dem Ergebnis, daß die Nachfarben erster Klasse zeigenden Verbindungen, wenn die Färbungen überhaupt auf einer chemischen Veränderung und nicht nur auf einer Zustandsänderung der Stoffe beruhen, jedenfalls die Spaltungsstücke nebeneinander in fester Lösung enthalten. Dadurch würde sich die große Neigung zur Wiedervereinigung erklären.

Für die Auffassung, daß die gefärbten Salze *allotrope Modifikationen* der farblosen darstellen, spricht die Beobachtung *Goldsteins*, daß auch ein *Element*, der Schwefel, eine Nachfarbe erster Klasse zeigt, wenn er, in flüssiger Luft gekühlt, von Kathodenstrahlen getroffen wird. Er färbt sich chamois. Die Farbe verschwindet beim Belichten selbst bei der Temperatur der flüssigen Luft in wenigen Minuten, bei Zimmertemperatur ist sie überhaupt nicht zu erhalten.

Nur eine kleine Zahl von Salzen, z. B. die Haloide der Alkalimetalle, gibt auch *im Zustande höchster Reinheit* die Nachfarben. *Bei den meisten Salzen ist das Eintreten der Färbung an die Gegenwart spurenweiser Verunreinigungen geknüpft.* Das konnte *Goldstein* zuerst am Kaliumsulfat nachweisen. Die Grünfärbung, die das käufliche Salz nach dem Schmelzen unter der Einwirkung der Kathodenstrahlen regelmäßig erzielt, bleibt aus, wenn das Salz mit größter Sorgfalt von Carbonat befreit wird. Ein kleiner Zusatz von Kaliumcarbonat zur Schmelze im Verhältnis von 1 : 10 000 genügt noch, um eine Färbung hervorzurufen. Es ist aber nötig, die Verunreinigung mit dem Salz zu verschmelzen. Ein bloßer Zusatz genügt nicht. Die Nachfarbe hängt von der Natur der Verunreinigung ab. So gibt Kaliumsulfat bei einem kleinen Zusatz von Kaliumchlorid und Natriumchlorid eine violette, von Lithiumchlorid eine blaugraue Nachfarbe. Die Nachfarben bieten also ein sehr empfindliches analytisches Hilfsmittel, um die Reinheit der Salze zu prüfen und eventuell die Art der Verunreinigung zu ermitteln.

Die Beeinflussung der Nachfarben durch spurenweise Verunreinigungen erinnert an die Wirkung, die ähnlich kleine und noch kleinere Verunreinigungen auf das *Phosphoreszenzlicht* gewisser Salze ausüben. Auch auf diesem Gebiete verdanken wir *Goldstein* interessante Beobachtungen. Das von den Kathodenstrahlen hervorgerufene Phosphoreszenzlicht farbloser reiner Salze ist, wie er fand, in der Regel blau oder violett. Sehr geringe Beimengungen namentlich gefärbter Salze, z. B. solcher des Kupfers, Nickels, Kobalts, Mangans, aber rufen eine andersfarbige, kräftige Lichtemission hervor, die häufig eine erhebliche Nachdauer hat. Hier genügen schon Beimischungen von weniger als 1 : 10 000 000 zur Erzielung einer sicher erkennbaren Wirkung.

In engster Beziehung zu den Nachfarben steht eine Erscheinung, die *Goldstein* bei der Untersuchung des *Phosphoreszenzspektrums aromatischer Verbindungen* bei der Temperatur der flüssigen Luft im Kathodenlicht beobachtete. Die meisten aromatischen Verbindungen, namentlich solche, die mehrere Ringsysteme enthalten, wie Naphthalin, Anthracen, Benzophenon, Dibenzyl, Chinolin zeigen nach kurzer Bestrahlung an Stelle des zuerst auftretenden *Vorspektrums* ein *diskontinuierliches* Phosphoreszenzspektrum, das *Hauptspektrum*, das meist aus einer größeren Zahl von schmalen hellen Streifen mit mehr oder minder ausgeprägten Hauptmaximis besteht. Ein wesentlich anderes, ebenfalls diskontinuierliches Spektrum, das *Lösungsspektrum*, zeigen dieselben Stoffe häufig, wenn ihre Lösungen in solchen Lösungsmitteln, die selbst nur kontinuierliche Phosphoreszenzspektra geben, untersucht werden. Das *Vorspektrum* ist entweder kontinuierlich oder besteht aus breiteren Banden.

Goldstein konnte nun zeigen, daß die Ent-

stehung des diskontinuierlichen Hauptspektrums auf einer *Umwandlung* beruht, die die Substanzen unter der Einwirkung der Kathodenstrahlen erleiden, ganz ähnlich wie die Salze unter Bildung der Nachfarbe umgewandelt werden. Wird nämlich die Phosphoreszenz dieser Stoffe durch ultraviolettes Licht hervorgerufen, so entsteht im allgemeinen nur das Vorspektrum, sind sie aber zuvor Kathodenstrahlen ausgesetzt worden, so zeigen sie, bisweilen noch *nach monatelangem Aufbewahren* bei Zimmertemperatur im ultravioletten Licht eine Phosphoreszenz, der das diskontinuierliche Hauptspektrum entspricht. Durch längere Bestrahlung der Stoffe mit sehr kurzwelligem ultravioletten Licht kann übrigens die gleiche Umwandlung wie durch die Kathodenstrahlen hervorgerufen werden.

Wie die Nachfarben durch Auflösen der Salze alsbald verschwinden, so verlieren die genannten aromatischen Verbindungen beim Schmelzen oder Lösen die Eigenschaft Hauptspektra zu geben momentan. Es ist also wahrscheinlich, daß auch die Veränderung dieser Stoffe unter der Einwirkung der Kathodenstrahlen nicht chemischer, sondern physikalischer Natur sind. Sie stellen sich als *reversible Lichtwirkungen* dar, für die ich den Namen *„Phototropie"* in Vorschlag gebracht habe, als ich kurz nach den grundlegenden Goldsteinschen Entdeckungen verwandte Erscheinungen auffand, die bei gewissen organischen Verbindungen durch Bestrahlung mit sichtbarem Licht hervorgerufen werden.

Im Anschluß an diesen Bericht sei an eine *chemische* Wirkung ultravioletten Lichtes erinnert, die zuerst von *Lenard* beobachtet, vom *Goldstein* aber benutzt wurde, um die Chemie um ein sehr elegantes *Verfahren zur Gewinnung reinen Ozons* zu bereichern. Dieses bildet sich bekanntlich, wie *Lenard* fand, wenn ultraviolettes Licht auf Sauerstoff einwirkt. *Goldstein* läßt nun in einem Geißlerschen Rohr, das bis zu einem Quecksilberdruck von mehreren Zentimetern mit Sauerstoff gefüllt ist und zu einem Teil in flüssige Luft eintaucht, die leuchtende Entladung vor sich gehen. Alsbald tritt Ozonbildung ein. Dieses kondensiert sich an den gekühlten Gefäßwänden zu der bekannten tiefblauen Flüssigkeit, während der Gasdruck schnell abnimmt und in einer halben Minute bis auf $^1/_{10}$ Millimeter sinkt. Läßt man entsprechend Sauerstoff in das Rohr nachtreten, so kann man beliebige Mengen flüssiges Ozon gewinnen und den zugeführten Sauerstoff quantitativ in Ozon umwandeln.

Das periodische System der chemischen Elemente im Lichte der jüngsten Kanalstrahlenforschung.

Von Richard Swinne, Berlin-Friedenau.

§ 1. *Einleitung.*

Die Zusammenfassung der chemischen Elemente zu natürlichen Gruppen auf Grund ähnlichen chemischen Verhaltens ergab gewisse regelmäßige Abstufungen bei Anordnung der Elemente nach steigenden (relativen) Atomgewichten und führte so vor etwa einem halben Jahrhundert zu den periodischen Systemen der Elemente von *Lothar Meyer* und *Mendelejeff*. Diese Anordnungen zeigten auch regelmäßige Abstufungen der physikalischen Eigenschaften der Elemente wie auch ihrer analogen Verbindungen. Immerhin ergaben die genaueren Atomgewichtsbestimmungen, daß in einzelnen Fällen die durch die chemischen und sonstigen Eigenschaften bedingte Aufeinanderfolge der Elemente mit der Anordnung nach steigenden Atomgewichten in Widerspruch steht (A, K; Co, Ni; Te, J). Dies hätte schon damals Bedenken aufkommen lassen können, ob die Atomgewichte das maßgebende Charakteristikum für die Elementenfolge sind. Die Entdeckung der Edelgase brachte keine Erschütterung des natürlichen Systems; diese fügten sich vielmehr sehr schön zwischen den elektropositiven Alkalimetallen und elektronegativen Halogenen ein. Die genauere Erforschung der Radioaktivität lehrte zwar die Umwandelbarkeit gewisser Elemente, verknüpfte aber durch die Verschiebungssätze die benachbarten Elemente miteinander und ließ einen Komplex gewisser chemischer wie auch physikalischer Eigenschaften im Falle eines Zerfalles spontan in einen anderen bestimmten Komplex von Eigenschaften übergehen. Die neu entdeckten Elemententypen konnten freie Plätze des periodischen Systems ausfüllen, wenngleich gleichzeitig der Begriff der Isotopie geprägt werden mußte, wodurch das Gewicht eines Atoms endgültig als nicht mehr maßgebend erkannt wurde, indem „isobare" Elemente mit gleichem Gewicht ausgestattet sein, aber verschiedene, wenn auch benachbarte Plätze des natürlichen Systems einnehmen können.

Die im Anschluß an die Erforschung der Streuung von α-Teilchen entstandene Rutherfordsche Atomkerntheorie verlegte die Erscheinungen der Masse und der Radioaktivität in den positiv geladenen Atomkern, während die ihn umgebenden und neutralisierenden Elektronen die optischen Eigenschaften und insbesondere die äußersten Elektronen die chemischen Eigenschaften bedingen sollten. Die Kernladung erscheint hiernach als Charakteristikum eines bestimmten Elemententyps; sie ist der Ordnungszahl des Elements im natürlichen System gleichzusetzen und

ist nach *Rutherfords* Mitteilung in der *Baker*-Vorlesung[1]) bis auf ein Prozent genau von *Chadwick* bestimmt worden. Damit ist die Masse (und wegen des Einsteinschen Äquivalenzgesetzes) auch das Gewicht eines Atoms als für die chemischen Eigenschaften unwesentlich hingestellt. Es möge bei dieser Gelegenheit auf den durch seine Spektraluntersuchungen bekannten schwedischen Physiker *Rydberg* verwiesen werden, welcher bereits sehr früh die Ordnungszahlen der Elemente als das Wesentliche erkannt und den Atomgewichten eine für Elementenanordnung mehr sekundäre Rolle zugeschrieben hat[2]), während der Schöpfer der modernen Atomtheorie, *Dalton*, das Postulat aufgestellt hatte, daß die Atome des gleichen Elements gleiches Gewicht aufweisen.

Hatte die radioaktive Forschung den Isotopiebegriff geschaffen und das Vorkommen von mehr oder minder unbeständigen, wie auch für unsere Hilfsmittel beständigen (Uranblei, Thorblei) Isotopen von hoher Atomnummer gelehrt, so ist es der Kanalstrahlenforschung vorbehalten geblieben, *Isotope innerhalb des ganzen natürlichen Systems nachzuweisen* und neues Licht auf den Zusammenhang der Elemente zu werfen. Die Linie der Entwicklung führt von *Goldstein* über *W. Wien*, die Freiburger Physiker zu *J. J. Thomson* und *F. W. Aston*. Die Forschungen des letzteren sind zwar noch nicht abgeschlossen, doch sind die vorliegenden Ergebnisse so bedeutungsvoll, daß sie an dieser Stelle besprochen werden mögen[3]).

§ 2. *Das natürliche System der Elemente.*

Nachstehend wird eine Anordnung der Elemente mitgeteilt, welche gewisse Vorzüge gegenüber der bekannten Mendelejeffschen zu bieten scheint (vgl. Tab. I); über der Elementenbezeichnung steht die Atomnummer, unter der ersteren — das Atomgewicht. Diese Anordnung erinnert an eine bereits von *Lothar Meyer* in Vorschlag gebrachte, welche später von *Staigmüller*[4]) ausgebaut und zuletzt von *Werner* in seinen „Neueren Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie" vertreten wurde. In dieser Tabelle ist die durch die Moseleysche Entdeckung (der Beziehung zwischen den Wellenlängen der charakteristischen Röntgenserien und der Ordnungszahl) begrenzte Anzahl der Elemente, insbesondere der seltenen Erden, berücksichtigt. Ungefähr gleichzeitig mit *Moseley* hat übrigens *Rydberg*[5]) auf Grund von Betrachtungen über die Zunahme der Atomgewichte mit steigender Atomnummer die richtige Anzahl der Elemente zwischen Helium und Uran festgelegt (er hat noch 2 unbekannte Elemente zwischen Wasserstoff und Helium, ein Edelgas und ein 1 wertiges Element angenommen).

In diesem periodischen System der Elemente stehen die Edelgase — in Übereinstimmung mit der Kosselschen Valenztheorie polarer chemischer Verbindungen — am Ende der Horizontalen. Vor den Edelgasen stehen die ausgesprochen elektronegativen Elemente, am Beginn der Reihen — die ausgesprochen elektropositiven. In den langen Perioden befinden sich die zu den b-Vertikalen und zur VIII. Gruppe gehörigen Elemente in der Mitte, in Übereinstimmung mit dem Verlauf der Atomvolumen-Atomnummer-Kurven[1]). Ähnlich ist der Verlauf in der ganz langen, die seltenen Erden enthaltenden horizontalen Periode; besonders in diesem Falle ist sehr schön zu sehen, daß diese Elemente keine neuen Perioden bilden, vielmehr zwischen den ausgesprochen elektropositiven und -negativen Elementen eingeschachtelt werden. *Werner* hatte in seiner Tabelle eine ganze Reihe von Analogen der seltenen Erden angenommen; auch *Rydberg* war bereit, in dieser Periode ebensoviel Elemente (nämlich 32) als in der vorangehenden anzunehmen. Diese vermuteten Analogen der seltenen Erden fallen fort, da sowohl die radioaktiven Verschiebungssätze als auch die charakteristischen Röntgenspektren zwischen Uran und Thor nur einen Platz für ein Ekatantal (Brevium, Protaktinium) freilassen.

Es ist auch ein Verdienst von *Rydberg*, auf eine merkwürdige Zahlenbeziehung bezüglich der Anzahl der Elemente in den einzelnen Horizontalen hingewiesen zu haben. Diese beträgt nämlich in der

1. Horizontalen	$2 \times 1^2 =$	2	Elemente
2. „	$2 \times 2^2 =$	8	„
3. „	$2 \times 2^2 =$	8	„
4. „	$2 \times 3^2 =$	16	„
5. „	$2 \times 3^2 =$	16	„
6. „	$2 \times 4^2 =$	32	„

Rydberg hatte vermutet, daß je 2 Horizontalen eine Gruppe bilden, wobei die Elementenanzahl der Gruppe gleich $2 \times 2 \times G_n^2$ zu setzen wäre, indem G_n die Nummer der Horizontalengruppe bedeutet. Das scheint nicht so zu sein, da ja die erste Gruppe nur eine Horizontale umfaßt, desgleichen auch die 4., soweit bekannt.

§ 3. *Die Proutsche Hypothese.*

Bald nach der Aufstellung der ersten Atomgewichtstabelle durch *Dalton* hat der englische Arzt *Prout* die Hypothese (1815) ausgesprochen, daß alle Elemente Polymere des Wasserstoffs sind, so daß deren Atomgewichte genaue Vielfache desjenigen des letzteren sind. Die ge-

[1]) *Sir E. Rutherford*, Nature *105*, 500, 1920.

[2]) *J.-R. Rydberg*, Bihang Vet. Akad. Handlingar, Stockholm *10*, Nr. 2, 1885; *11*, Nr. 13, 1886. Zeitschr. f. anorg. Chem. *14*, 66/102, 1897.

[3]) Vgl. „Die Naturwissenschaften" d. Jg., S. 289, 607.

[4]) *H. Staigmüller*, Zeitschr. f. physik. Chem. *39*, 245, 1902.

[5]) *J.-R. Rydberg*, Lunds Universitets Årsskrift, N. F. Afd. 2, *9*, Nr. 18. J. de Chim. Phys. *12*, 585 bis 639, 1914.

[1]) Vgl. *St. Meyer*, Elster und Geitel-Festschrift, Braunschweig 1915, S. 152.

Tabelle I.

Periodisches System der Elemente mit den Atomnummern und Atomgewichten.

Ia	IIa	IIIa	IVa	Seltene Erdmetalle	Vb	VIb	VIIb	VIII	Ib	IIb	IIIb	IVb	Va	VIa	VIIa	0
1 H 1,008																2 He 4,00
3 Li 6,94	4 Be 9,1	5 B 11,0	6 C 12,005										7 N 14,01	8 O 16,00	9 F 19,0	10 Ne 20,2
11 Na 23,00	12 Mg 24,32	13 Al 27,1	14 Si 28,3										15 P 31,04	16 S 32,06	17 Cl 35,46	18 A 39,88
19 K 39,10	20 Ca 40,07	21 Sc 44,1	22 Ti 48,1		23 V 51,0	24 Cr 52,0	25 Mn 54,93	26 Fe 55,84	27 Co 58,97	28 Ni 58,68	29 Cu 63,57	30 Zn 65,37	31 Ga 69,9	32 Ge 72,5	33 As 74,96	34 Se 79,2	35 Br 79,92	36 Kr 82,92
37 Rb 85,45	38 Sr 87,69	39 Y 88,7	40 Zr 90,6		41 Nb 93,5	42 Mo 96,0	43 —	44 Ru 101,7	45 Rh 102,9	46 Pd 106,7	47 Ag 107,88	48 Cd 112,4	49 In 114,8	50 Sn 118,7	51 Sb 120,2	52 Te 127,5	53 J 126,92	54 Xe 130,2
55 Cs 132,81	56 Ba 137,37	57 La 139,0	58 Ce 140,25	59 Pr 140,9	60 Nd 144,3	61 —	62 Sm 150,4	63 Eu 152,0	64 Gd 157,3	65 Tb 159,2	66 Dy 162,5	67 Ho 163,5	68 Er 167,7	69 Tu 168,5	70 Yb 173,5	71 Lu 175,0	72 Kt	73 Ta 181,5	74 W 184,0	75 —	76 Os 190,9	77 Ir 193,1	78 Pt 195,2	79 Au 197,2	80 Hg 200,6	81 Tl 204,0	82 Pb 207,2	83 Bi 208,0	84 Po 210,0	85 —	86 Em 222,0
87 —	88 Ra 226,0	89 Ac	90 Th 232,2															91 Bv 234	92 U 238,2	93 —	94 —	95 —	96 —	97 —	98 —	99 —	100 —	101 —	102 —	103 —	104 —

naueren Atomgewichtsbestimmungen von *Stas* und *Marignac* veranlaßten später die Chemiker, diese Hypothese aufzugeben. Immerhin ließ *Marignac* (1865) die Möglichkeit zu, daß die Proutsche Hypothese ein Grenzgesetz sei, wie die von *Boyle-Mariotte* und *Gay Lussac*, indem man die Existenz einer *wesentlichen* Ursache anerkennt, auf Grund deren alle Atomgewichte einfache Verhältnisse zeigen müßten, sowie ferner die Existenz *sekundärer* Ursachen, welche leichte Störungen in diese Verhältnisse bringen. Im Laufe des seitdem verflossenen Jahrhunderts sind bezüglich letzterer verschiedene Vermutungen ausgesprochen worden, welche den Entwicklungsgang der Physik wiederspiegeln. So wurde der „vielleicht nicht ganz gewichtslose" Weltäther durch *Lothar Meyer* (1872) herangezogen (auch durch *Nägeli* 1882), durch *Landolt* (1909) aber die Elektronen oder die sonst beim Zerfall von Atomen entstehenden Bruchstücke derselben. *Swinne* (1912) wies aber auf die durch die Einsteinsche Trägheit der Energie bedingten Massendefekte zwecks Erklärung der kleineren Abweichungen der Atomgewichte von ganzen Vielfachen der Wasserstoffeinheit hin[1]). Die gleiche Ansicht hat auch *Langevin*[2]) vertreten sowie später insbesondere *Harkins* und *Lenz*[3]).

Es ist wieder ein Verdienst von *Rydberg*[4]), nachgewiesen zu haben, daß es ungeachtet oder vielmehr auf Grund der genaueren Atomgewichtsbestimmungen feststeht, daß eine *große Anzahl von Atomgewichten sich ganzen Zahlen nähern.* Dies ist vorzugsweise bei den kleineren Atomgewichten der Fall, wo die wahrscheinlichsten Bestimmungsfehler am kleinsten sind. Von H bis Fe weichen allein Mg und Cl von ganzen Zahlen bedeutend ab. Eine Wahrscheinlichkeitsberechnung machte es so gut wie gewiß, daß die Atomgewichte wirklich von der Form $N \pm \delta$ sein müssen, wo N eine ganze Zahl und δ eine im Vergleich damit kleine Zahl ist. Eine Untersuchung der δ-Werte der 23 ersten Elemente ergab, daß die Differenzen von der Form $4n$ (n bedeutet eine ganze Zahl) die zahlreichsten, diejenigen von der Form $(4n+2)$ die seltensten sind; die beiden anderen Formen $(4n+1)$ und $(4n+3)$ kommen beinahe gleich oft vor. Gleichzeitig ergab sich, daß alle 10 Elemente der Reihe $(4n+3)$ sich durch ungerade Valenz auszeichnen, von den 10 Elementen der Reihe $4n$ volle 9 gerade Valenz aufweisen, was keineswegs zufällig sein kann. Des weiteren fand *Rydberg,* daß sich diese Reihen, insbesondere die Reihen $4n$ sowie $(4n+3)$, durch das ganze periodische System verfolgen lassen, wobei erstere überwiegend die Elemente gerader Valenz, letztere überwiegend die ungerader Valenz umfaßt. Auch konnten für die δ-Werte periodische Funktionen der n-Werte festgestellt werden. Als allgemeines Ergebnis wird von *Rydberg* hervorgehoben, daß es unmöglich ist, die Elemente als einfach, voneinander unabhängig zu betrachten. Des weiteren wird Wasserstoff als Urelement angesehen, dabei in seinem Atomgewicht auch ein Anteil δ neben dem „Kern" unterschieden, so daß die „Kerne" der übrigen Elemente aus „Wasserstoffkernen" zusammengesetzt sind.

Außer diesen Eigentümlichkeiten der Zugehörigkeit der Atomgewichte zu diesen Reihen sowie der Zugehörigkeit der geradzahligen (bzw. der ungeradzahligen) Atomgewichtsreihe zu geradzahligen (bzw. ungeradzahligen) Ordnungszahlen kommt noch eine Besonderheit der Atomgewichtsfolge des natürlichen Systems hinzu. An gewissen Stellen des letzteren treten Unregelmäßigkeiten der Art auf, daß die regelmäßige *Zunahme* der Atomgewichtsfolge *um etwa 2 Einheiten* auf eine Ordnungszahl Störungen erleidet, indem benachbarte Elemente sich nur durch geringe Atomgewichtsdifferenzen (positiven oder selbst negativen Sinnes) unterscheiden (A — Ca, Co — Ni, Te — J, Ce — Pr). Häufiger ist aber eine größere Zunahme, als der erwähnten allgemeinen Regel entspricht; dabei nimmt diese verstärkte Zunahme mit wachsender Ordnungszahl zu, um am größten bei den bekannten Radioelementen zu werden.

Hierüber unterrichtet am besten der Vergleich der Zunahme der Atomgewichte A um gleiche Werte der Ordnungszahlen Z, nämlich um Gruppen von 8 oder 9 Elementen, bzw. um ½, ¼ oder ⅛ dieser Gruppen, sowie der Vergleich dieser Zunahme, bezogen auf die Ordnungszahleinheit, für solche ganze oder geteilte Gruppen. (Vgl. Tab. II.)

§ 4. α- *und* β-*Strahler.*

Wohl kann die Trägheit der Energie zusammen mit der Proportionalität zwischen träger und schwerer Masse die kleineren Abweichungen von ganzen Vielfachen der Einheit der Atomgewichte erklären, keineswegs aber Unterschiede von einem oder mehreren Zehnteln der Einheit. Dazu würde die Annahme ausreichen, daß ein Isotopengemisch vorliegt, indem im Falle gerader Ordnungszahl je ein Glied der Reihen $4n$ und $(4n+2)$, im Falle ungerader Ordnungszahl je ein Glied der Reihen $(4n+1)$ und $(4n+3)$ entsprechend gemischt vorliegen. Um diese Reihen im Sinne allgemeiner Radioaktivität zu verstehen, wären nur α-Strahler heranzuziehen. Ein Verlust eines α-Teilchens, als eines doppelt positiv geladenen Heliumatoms, involviert ja eine Massenabnahme um 4 Atomgewichtseinheiten und eine Verminderung der Atomkernladung um zwei, somit die Entstehung eines Elements der Ordnungszahl $(Z-2)$ aus einem von der Ordnungszahl Z. Infolgedessen bewirkt die Aufeinanderfolge mehrerer α-Strahler in einer Zerfallsreihe eine regelmäßige Ab-

[1]) Vgl. „Die Naturwissenschaften" d. Jg., S. 609.
[2]) *P. Langevin,* J. de Phys. (5) *3,* 386/8, 1913.
[3]) Vgl. *W. Lenz,* „Die Naturwissenschaften", d. Jg., S. 181.
[4]) Bihang Sv. Vet.-Akad. Handlingar, Stockholm *11,* Nr. 13, 1886.

Tabelle II.

Unterschiede zwischen A					Unterschiede zwischen $\frac{\Delta A}{\Delta Z}$			
Z	A	Gruppe			Z	Gruppe		
		1	1/2	1/4		1	1/2	1/4
2	4,00				2			
			16,20				2,02	
10	20,2	35,88			10	2,24		
			19,68				2,46	
18	39,88				18			
				19,09				2,12
27	58,97		43,04		27		2,39	
				23,95				2,66
36	82,92	90,32			36	2,51		
				19,98				2,22
45	102,9		47,28		45		2,63	
				27,3				3,03
54	130,2				54			
				20,2				2,52
62	150,4		41,8		62		2,61	
				21,6				2,70
70	172,0	91,8			70	2,88		
				23,2				2,90
78	195,2		50,0		78		3,15	
				26,8				3,39
86	222,0				86			

nahme des Atomgewichts um 4 Einheiten für 2 Ordnungszahlen, somit im Durchschnitt um 2 Einheiten für eine Ordnungszahl des periodischen Systems. Dabei weisen die Folgeelemente die gleiche Geradzahligkeit bzw. Ungeradzahligkeit wie das Ausgangselement auf.

Um aber die Anomalien des natürlichen Systems bezgl. der Atomgewichte zu verstehen, wie auch die Zunahme von $\Delta A/\Delta Z$ mit steigender Ordnungszahl (vgl. Tab. II), müssen außer α-Strahlumwandlungen noch β-Strahler berücksichtigt werden (von anderen Teilchen, wie Wasserstoffkernen oder sonstigen Komplexen dieser mit Elektronen, ganz abgesehen). Der von *Fajans* und *Soddy* aufgestellte Verschiebungssatz ergibt für β-Strahler folgendes: Ein Austritt eines β-Teilchens aus dem Atomkern bedingt keine Gewichtsänderung des resultierenden (neutralen) Atoms, wohl aber eine Erhöhung der Atomkernladung um 1, somit die Entstehung eines Elements von der Ordnungszahl $(Z+1)$. Eine allgemeine radioaktive Erfahrung lehrt nun weiter, daß in einer Zerfallsreihe zwei β-Strahler aufeinander direkt, oder durch einen α-Strahler getrennt, folgen. Infolgedessen läßt der Komplex von zwei β-Strahlern und einem α-Strahler die Ordnungszahl unverändert, bedingt aber 2 Isotope, deren Atomgewichte sich um 4 Einheiten unterscheiden, gleichzeitig aber 3 Isobare, falls die beiden β-Strahler direkt aufeinander folgen (aber nur 2 Isobare, falls sie durch einen α-Strahler getrennt sind). Weiter läßt ein Komplex von 2 β- und 2 α-Strahlern, gerade wie 1 α-Strahler, die Ordnungszahl um 2 abnehmen, das Atomgewicht aber um $2 \times 4 = 8$ Einheiten. Folglich *beträgt die durchschnittliche Atomgewichtsabnahme mehr als 2 Einheiten für 1 Ordnungszahl, falls β-Strahler eine α-Strahlerreihe unterbrechen*; dabei erreicht $\frac{\Delta A}{\Delta Z}$ den Wert von 4 Einheiten für den Komplex von 2 α- und 2 β-Strahlern. An so einer *β*-Strahlungsstelle der Elementenfolge weist auch der zweite β-Strahler einen anderen Ordnungszahlcharakter (Geradzahligkeit) auf als der erste α-Strahler; der zweite β-Strahler stellt aber diesen Charakter wieder her. Somit lassen sich die in § 3 dargelegten Erfahrungen bezüglich der Atomgewichtsfolge aus diesen Ergebnissen der Radioaktivität verstehen; diese führten zu der Annahme einer Anzahl von Isotopen gewöhnlicher Elemente, deren wirkliche Existenz sich erst aus der Untersuchung dieser Elemente als Kanalstrahlenteilchen ergeben hat.

Bereits vor Aufstellung der radioaktiven Verschiebungssätze hatte nach der Entdeckung der Heliumbildung in radioaktiven Stoffen *van den Broek*[1]) bei Annahme einer allgemeinen Radioaktivität der chemischen Elemente Unterschiede zwischen den Atomgewichten von der Größe 4 verlangt. Dadurch war die Beziehung zu den Rydbergschen Reihen $4n$, $(4n+1)$,

[1]) *A. van den Broek*, Ann. der Phys. (4) *23*, 199, 1907; Physik. Zeitschr. *12*, 490, 1911.

$(4n+2)$ sowie $(4n+3)$ gegeben, wobei die neueren Atomgewichtsbestimmungen die früher erwähnten Abweichungen von den ganzen Vielfachen im Vergleich mit früher kleiner werden ließen[1]). *Van den Broek*[1]) hatte damals die Bedeutung der Rolle der β-Strahler für das periodische System noch nicht erkannt, wohl aber verwandte *Swinne*[2]) die oben dargelegten Folgerungen der Verschiebungssätze, um aus der relativen Zunahme der Atomgewichte pro Ordnungszahleinheit (wenigstens angenähert) diejenigen Stellen des natürlichen Systems zu bestimmen, wo β-Strahler die Folge der α-Strahler unterbrechen. Ähnliche Darlegungen haben später *van den Broek*[3]), *Kossel*[4]) u. a. gemacht; ersterer versucht dabei eine gesetzmäßige Folge einer bestimmten Anzahl von α- und β-Strahlern aufeinander festzulegen. Eine endgültige Stellungnahme kann erst nach einer einigermaßen vollständigen experimentellen Untersuchung der Kanalstrahlenmassenspektren der verschiedensten Elemente erfolgen, um nicht einer ins einzelne gehenden Spekulation Vorschub zu leisten.

Erscheint somit das Atomgewicht eines isotopen Elementengemisches als das Mittel der Atomgewichte der das Gemisch bildenden „reinen" Elemente, so mag die Fragestellung nicht unberechtigt sein, *ob* so *ein Elementengemisch seine Bestandteile immer im gleichen Verhältnis enthält.* Mag auch für die langlebigen irdischen Elemente während des Bestehens der Erde ein Ausgleich von eventuell ursprünglich vorhandenen Mischungsunterschieden erfolgt sein, so könnten für etwa aus dem Weltenraum einwandernde Gebilde andere Mischungsverhältnisse für möglich erachtet werden. Ausgehend vom allgemeinen Gesichtspunkt, daß vielleicht unsere physikalisch-chemischen Konstanten kleinen Schwankungen unterworfen sind, hat der amerikanische Forscher *F. W. Richards* im chemischen Laboratorium der Harward-Universität zu Cambridge seit einer Reihe von Jahren bei seinen berühmten Atomgewichtsbestimmungen die Frage geprüft, ob nicht die *Herkunft* der Elemente auf deren Wert von Einfluß ist. Das Ergebnis war bis auf Blei radioaktiven Ursprungs negativ, trotzdem ein Teil der untersuchten Elemente als Isotopengemisch bereits erkannt oder dies wenigstens wahrscheinlich ist. So wiesen Kupferproben deutscher Herkunft sowie solche vom Oberen See in Nordamerika genau übereinstimmende Atomgewichte auf, dgl. Silber und auch Chlor aus verschiedenen Quellen. Von wohl wesentlich reine Elemente vorstellenden wurden Calcium (von Calciumcarbonat aus Vermont in Amerika und Italien stammend) sowie Natrium (aus Steinsalz verschiedener deutscher Herkunft und aus Solen in Syracuse in Nordamerika gewonnen) mit dem gleichen negativen Ergebnis geprüft. Endlich sei die Atomgewichtsbestimmung von Eisen aus dem Cumpasmeteoriten erwähnt, welche nach *Baxter* und *Thorvaldson* innerhalb der Fehlergrenzen einen mit irdischem Eisen übereinstimmenden Wert ergab[1]). In Anbetracht der größeren Abweichung des Atomgewichtes von Nickel von der ganzen Zahl dürfte sich wohl für dieses meteorischer Herkunft so eine Untersuchung eher empfehlen.

§ 5. *Kanalstrahlenmassenspektren.*

Es ist das große Verdienst von Sir *J. J. Thomson*, auf deutschen Forschungen fußend, die chemische Analyse durch Untersuchung eines sehr feinen Bündels von Kanalstrahlen in parallelen magnetischen und elektrischen Feldern entwickelt zu haben[2]). Die Ablenkung eines elektrisch geladenen Teilchens von der Ladung e und der Masse m erfolgt bekanntlich in einem *elektrischen* Felde proportional $\frac{m v^2}{e}$, in einem *magnetischen* Felde aber proportional $\frac{m v}{e}$, falls v die Teilchengeschwindigkeit bedeutet. Hierdurch wird eine sehr empfindliche Methode geliefert, welche die Massen der Kanalstrahlenteilchen festzustellen gestattet. So macht sich, nach einer Angabe von *Thomson*, der äußerst geringe in 1 cm³ Luft befindliche Heliumgehalt auf diese Art bemerkbar.

Auf *Thomson* geht die erste Entdeckung eines nichtradioaktiven Isotopen zurück, dazu von niedriger Atomnummer. Bei der photographischen Fixierung der Parabel der wie angegeben abgelenkten Kanalstrahlenteilchen einer Neon enthaltenden Entladungsröhre fand sich neben einer $m = 20$ entsprechenden Linie eine sehr viel schwächere, entsprechend $m = 22$. Die Thomsonsche Anordnung gestattete aber nicht, Teilchen mit $m = 20{,}0$ oder $m = 20{,}2$ zu trennen (das Atomgewicht des gewöhnlichen Neons beträgt ja 20,2). Von *Aston*[3]) wurden Versuche vorgenommen, durch Diffusion durch eine Tonwand die vermuteten Isotopen zu trennen; nach vielen tausend Operationen wurde jedoch ein Dichteunterschied von nur 0,7 % zwischen dem leichtesten und dem dichtesten Anteil erhalten. Dies veranlaßte *Aston*, nach einer genaueren und bequemer arbeitenden Methode zu fahnden; es gelang ihm, zu diesem Be-

[1]) *Th. Wulf*, Physik. Zeitschr. *12*, 499, 1911; *A. van den Broek*, Physik. Zeitschr. *14*, 36, 1913; *R. Swinne*, Physik. Zeitschr. *14*, 146, 1913.

[2]) Vortrag in der Chem. Gesellsch. zu Heidelberg, vgl. Zeitschr. f. angew. Chem. *27 III*, 596, 1914; Chem.-Ztg., Jg. 1914, 1026.

[3]) *A. van den Broek*, Physik. Zeitschr. *17*, 260, 579, 1916; *21*, 337, 1920.

[4]) *W. Kossel*, Physikal. Zeitschr. *20*, 265, 1919.

[1]) Vgl. *Th. W. Richards* u. *M. E. Lembert*, Zeitschrift f. anorg. Chem. *88*, 449, 1914.

[2]) Vgl. Physik. Zeitschr. *13*, 1333, 1912; *14*, 1302, 1913.

[3]) *F. W. Aston*, Physik. Zeitschr. *14*, 1303, 1913; *F. W. Aston* u. *F. A. Lindemann*, Phil. Mag. *38*, 707, 1919.

huf die Thomsonsche Anordnung zur m-Bestimmung viel genauer zu gestalten, indem er eine Art Fokussierung des Kanalstrahlenbündels erreichte; die Fehlergrenze wurde auf $^1/_{10}$ der früheren, bis auf 0,1 %, herabgesetzt. Hierdurch wurde die Neonisotopie im bejahenden Sinne entschieden und durch Verwendung der gleichen Anordnung durch Untersuchung einer Reihe weiterer Elemente sehr wichtiges Material über den Bau der Atome gefunden[1]).

Fig. 1 gibt eine Skizze der verwendeten Anordnung. Die in der Entladungsröhre B (einer gewöhnlichen Röntgenröhre) entstehenden Kanalstrahlen gelangen durch die durchbohrte Kathode C, die Spalte S_1 und S_2 als schmales Bündel in das zwischen den Platten J_1 und J_2 befindliche elektrostatische Feld. Das abgelenkte Bündel gelangt nun durch den eine Feineinstellung erlaubenden „Spalt" L in das Feld des Duboisschen Magneten M, das so gerichtet ist, daß die durch dieses bewirkte Ablenkung der elektrischen entgegengesetzt ist und dabei mehr als das Doppelte derselben beträgt. Nunmehr gelangt das ganz feine Bündel in die Kamera N fokussiert auf die photographische Platte W. Die in flüssige Luft tauchenden Behälter I_1 und I_2 mit Kokosnußkohle erzeugen in dem gesamten Raum von der Kamera bis zur Kathode ein äußerst hohes Vakuum, so daß die Strahlenverminderung und Geschwindigkeitsänderungen durch Zusammenstöße mit Gasmolekeln möglichst vermieden werden.

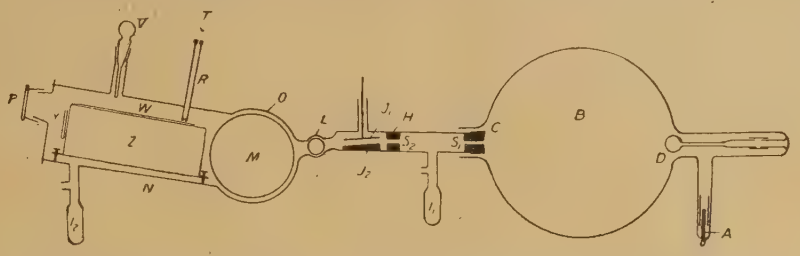


Fig. 1. Astonsche Form der J. J. Thomsonschen Anordnung zur Massenbestimmung der Kanalstrahlenteilchen. (Astonscher Massenspektrograph.)

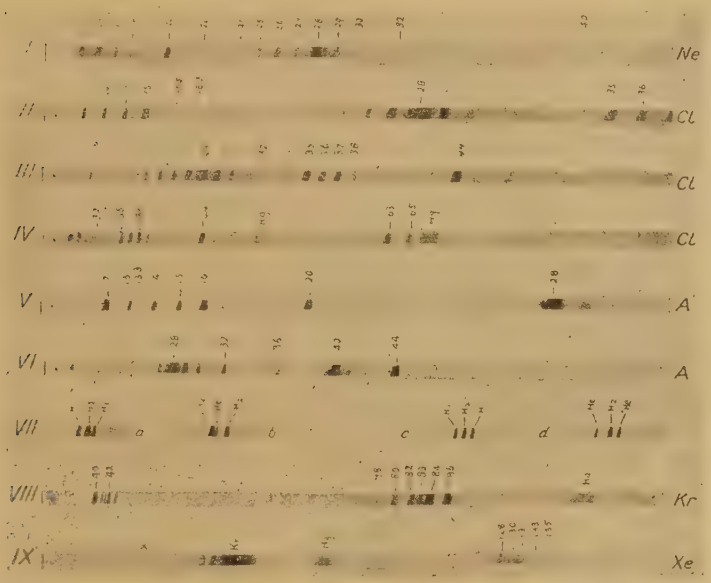


Fig. 2. Massenspektrogramme von Neon, Chlor, Argon, Krypton, Xenon. Sie stellen die Werte von m/e dar, bezogen auf m von Sauerstoff (= 16).

Diese Anordnung wird von *Aston* in Analogie mit den gewöhnlichen Spektrographen Massenspektrograph, die erhaltenen Spektrogramme — *Massenspektrogramme* genannt. Die so erhaltenen Massenspektren, wie sie Fig. 2 nach *Aston* zeigt, stellen die Werte von m/e dar, bezogen auf m von Sauerstoff, gleich 16,00. Die den mehrfach geladenen Teilchen zugehörigen Linien werden von *Aston* in gleicher Analogie als Linien höherer Ordnung bezeichnet; nach der empirischen Regel von *J. J. Thomson* treten sie allein bei Atomen, nie aber bei Molekeln

[1]) *F. W. Aston*, Phil. Mag, *39*, 449, 611. 1920 (vgl. auch „Die Naturwissenschaften", d. Jg., S. 289, 607).

auf. Als sehr geeignete Bezugslinien erwiesen sich die durch die stets vorhandenen Fettdämpfe bedingten Linien von C und Kohlenwasserstoffradikalen, nämlich C mit $m = 12$, CH (13), CH_2 (14), CH_3 (15), CH_4 (16) oder O (16), H_2O (18), C_2 (24), C_2H (25), C_2H_2 (26), C_2H_3 (27), C_2H_4 (28) oder CO (28), C_2H_5 (29), C_2H_6 (30).

Von den Astonschen Ergebnissen seien folgende hervorgehoben. Bei *Neon* ist der Nachweis der Isotopie einwandfrei geführt: 90 % mit $m = 20{,}00$, 10 % mit $m = 22{,}00$; dabei finden sich Hinweise auf ein drittes Isotopes $m = 21$ in sehr geringer Beimengung (siehe Spektrogramm I in Fig. 2). — Bei *Chlor* zeigten sich Linien entsprechend $m = 35$; 36; 37; 38, aber *keine einzige Andeutung irgendeiner Linie bei* $m = 35{,}46$ (vgl. II, III, IV in Fig. 2). Da bei der Verwendung von $COCl_2$ sich Linien nur entsprechend $m = 63$; 65 (d. h. COCl) zeigten, meint *Aston*, daß $m = 36$; 38 auf HCl^{35} und HCl^{37} zurückgehen; auch ist das Spektrum 2. Ordnung von diesen Cl-Teilchen zu sehen: $m = 17{,}5$; 18,5; $m = 18$ dürfte auf H_2O zurückgehen. Weiterhin ist $m = 39$ als ein weiteres Cl-Isotop angedeutet. — *Sauerstoff* zeigt Linien entsprechend O_2, O^+, O^{++} mit $m = 32$; 16; 8. *Kohlenstoff* zeigt CO_2 (44), CO (28), C^+ (12), C^{++} (6). *Argon* (V u. VI in Fig. 2) zeigt A^+ (40,00 ± 0,02), A^{++} (20,0), A^{+++} (13,33) sowie einen schwachen Begleiter bei $m = 36$, der wahrscheinlich auf ein Isotop von ihm zurückgeht. *Stickstoff* zeigt N^{++} (7,00), folglich $m = 14$ für N. *Helium* ergab

aus $O^{++} = 8{,}00$ $m = 3{,}994$ bis 3,996
aus $C^{++} = 6{,}00$ $m = 4{,}005$ bis 4,010,

folglich ist He ein reines Element. Die Untersuchung von *Wasserstoff* ist darum besonders interessant, da er als einziges Element, bezogen auf Sauerstoff ($m = 16{,}00$) als Einheit, keine ganzzahlige Masse ergab, sich trotzdem aber als reines Element erwies, aber mit $m = 1{,}008$. So ergaben die Linien von

H_3 (VII in Fig. 2) aus $C^{++} = 6{,}00$: $m = 3{,}025$ bei 3,027
H_2 „ $He^+ = 4{,}00$; $m = 3{,}021$ bei 3,040
H_2 „ $He^+ = 4{,}00$; $m = 2{,}012$ bei 2,018

Krypton (VIII in Fig. 2) ergab folgende Vielheit von Isotopen, der Intensität nach geordnet sowohl in 1. wie auch in 2. Ordnung: $m = 84$, 86, 82, 83, 80, 78. *Xenon* ergab (IX in Fig. 2) ein ähnliches Gemenge, wenn auch noch nicht sicher ausgemessen: $m = 128$, 131, 130, 133, 135. *Quecksilber* ergab eine breite Bande bei $m = 197$ bis 200 sowie 202, 204.

Eine vorläufige Mitteilung des gleichen Verfassers[1]) kündigt weitere Ergebnisse an. *Bor* ist komplex, es besteht aus 2 Isotopen, $m = 11{,}0$; 10,0, bestätigt durch die Linien 2. Ordnung. *Fluor* ist rein: $m = 19$. *Silizium* ist komplex: $m = 28$; 29, vielleicht auch 30. *Schwefel* besteht ganz überwiegend aus $m = 32$; wegen der möglichen H-Verbindungen ist das eventuelle Vorhandensein von Isotopen bisher nicht feststellbar gewesen. Rein sind *Phosphor* ($m = 31$) und *Arsen* ($m = 75$), während *Brom* gleichteilig aus $m = 79$ und 81 gemischt ist.

§ 6. *Schluß.*

Das wesentlichste Ergebnis der schönen Astonschen Massenspektrogramme ist der Nachweis der Ganzzahligkeit der Massen der reinen Elemente, mit einziger Ausnahme von Wasserstoff. Dessen höherer Wert dürfte wohl im Sinne der Trägheit der Energie gedeutet werden, indem beim Aufbau der Atome der reinen Elemente aus (positiven) Wasserstoffkernen und (negativen) Elektronen so gewaltige Energiemengen frei geworden sind, daß nunmehr dieser Massendefekt zutage tritt. Der Nachweis der vielen Isotopen, besonders bei Elementen mit hoher Ordnungszahl, liegt ganz im Sinne der Anwendung der radioaktiven Verschiebungssätze auf das gesamte natürliche System der Elemente (siehe § 4) mitsamt der Ineinanderschachtelung der vier Reihen $4n$, $(4n+2)$ und $(4n+1)$, $(4n+3)$ (siehe § 3).

Bei dem Versuch, diese Isotopenvielheit zu entwirren, entsteht allererst die Frage: stellt der uns auf der Erde zugängliche Teil des natürlichen Systems sozusagen nur die langlebigsten Relikte eines Elementenabbaus vor oder treten zu diesen noch die entsprechend beständigsten Aufbauprodukte (unter der Annahme, daß diese 2 Vorgänge nicht zu den gleichen reinen Elementen führen)? Liegt der erste Fall vor, so muß geprüft werden, ob die bei den Radioelementen festgestellten Regeln bezgl. Lebensdauer, Charakter des Zerfalls (ob α- oder β-Strahler) sowie Atommasse sich auch bei den „gewöhnlichen" reinen Elementen bewähren. So allein kann nach Regeln gesucht werden, welche das genügend häufige Vorkommen eines reinen Elements bestimmter Masse und Kernladung voraussehen ließe. Die Vervollständigung des erfahrungsgemäßen Materials durch *Aston* dürfte so die Wiederholung eines früheren Versuches erlauben[2]).

[1]) *F. W. Aston*, Nature *105*, 547, 1920.
[2]) *R. Swinne*, Vortrag in der Chem. Ges. zu Heidelberg, 19. VI. 1914; ref. Chem.-Ztg. *1914*, S. 1026; Zeitschr. f. angew. Chem. *27 III*, 596.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 37. (Seite 735—750) **10. September 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Historisch-kritisches über die Perihelbewegung des Merkur. Von *M. v. Laue, Berlin-Zehlendorf.* S. 735.

Vernunft und Widersinn in der Eigenhygiene der Naturvölker. Von *L. Külz, Altona.* S. 736.

Die Sternhaufen. Von *J. Hopmann, Bonn.* S. 740.

Besprechungen:

Göbel, K., Die Entfaltungsbewegungen der Pflanzen und deren teleologische Deutung. Von *E. Küster, Bonn.* S. 746.

Koppel, J., Die Metalle und ihre Verbindungen. Von *R. J. Meyer, Berlin.* S. 747.

Zuschriften an die Herausgeber:

Über die Ursachen der periodischen Erscheinungen bei der Elektrolyse von Chromsäure und über die Abscheidung metallischen Chroms. Von *E. Liebreich, Berlin.* S. 747.

Physiologische Mitteilungen: S. 748—750.

Eine Gesundheitsstatistik der männlichen Bevölkerung in England. Der Nahrungstrieb des Menschen. Die Darstellung eines beständigen Vitaminpräparats und sein Wert bei der Ernährung. Eine chemische Studie über das Blut verschiedener wirbelloser Tiere. Eine chemische Studie über Walfischblut. Über die Beleuchtung der Gruben mit Bezug auf das Augenzittern der Bergleute. Die elektrische Luftreinigung.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Naturwissenschaftliche Monographien und Lehrbücher

Herausgegeben von den Herausgebern der „Naturwissenschaften"

Arnold Berliner und **August Pütter**

Soeben erschien:

Band II:

Die binokularen Instrumente

Nach Quellen und bis zum Ausgang von 1910 bearbeitet

Von

Moritz von Rohr

Dr. phil., wissenschaftlichem Mitarbeiter der optischen Werkstätte von Carl Zeiss in Jena und a. o. Professor an der Universität Jena

Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage

Mit 136 Textabbildungen

Preis M. 40.—; gebunden M. 47.60

Vorzugspreis für Abonnenten der „Naturwissenschaften" M. 36.—; gebunden M. 43.60

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 26.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztewelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.
Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G.m.b.H. & Cie., CÖLN a. Rh.

Der Vorstand des Deutschen Verlegervereins hat eine **Erklärung** veröffentlicht, derzufolge der Deutsche Verlegerverein als bestellter Vertreter des deutschen Verlages fordert:

1. Aufhebung jeglichen Sortimenter-Teuerungszuschlages

a) für alle seit 1. 1. 20 erschienenen Bücher, Zeitschriften usw. ohne Rücksicht auf den Preis.

Zu a: Die Herstellungskosten der neu erscheinenden Bücher bedingen so hohe Ladenpreise, daß der dem Sortiment zufallende Anteil am Verkaufspreise die Erhebung des Sortimenterteuerungszuschlages in keiner Weise mehr rechtfertigt.

b) für alle Schulbücher
c) für alle Kollektionen } ohne jede Einschränkung.

Zu b und c: Um die Preissteigerung nicht zum absoluten Verkaufshindernis werden zu lassen, ist der Verleger gezwungen, Schulbücher und Kollektionen mit dem bescheidensten Nutzen, in vielen Fällen mit einem nicht einmal den Ersatz seiner baren Aufwendungen sichernden Aufschlag zu kalkulieren. Es ist deshalb völlig unberechtigt, ohne jede Rücksicht hierauf dem Sortiment einen Teuerungszuschlag zuzubilligen, der geeignet ist, das vom Verleger gebrachte Opfer zu vereiteln.

d) für alle Werke im Preise von M. 50.— und mehr.

2. Beschränkung des Sortimenter-Teuerungszuschlages für alle anderen Bücher, Zeitschriften usw., soweit sie vor dem 1. 1. 20 erschienen sind, auf:

a) 20% für Bücher mit einem Ladenpreis unter M. 20.—,
b) 10% für Bücher mit einem Ladenpreis von M. 20.— bis M. 50.—.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 10. September 1920. Heft 37.

Historisch-Kritisches über die Perihelbewegung des Merkur.

Von M. v. Laue, Berlin-Zehlendorf.

Ein Aufsatz von *P. Gerber*, „Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gravitation", erschienen 1898 in der Zeitschrift für Mathematik und Physik, weiter ausgeführt 1902 im Programm des städtischen Realgymnasiums zu Stargard in Pommern und wiederabgedruckt 1917 in den Annalen der Physik, bringt dieselbe, durch die Erfahrung am Merkur bestätigte Formel für die Perihelbewegung eines Planeten, welche *Einstein* 1915 aus der allgemeinen Relativitätstheorie abgeleitet hat. Diese Übereinstimmung hat in den letzten Zeiten bedauerlicherweise dazu geführt, daß in einer großen Tageszeitung der Vorwurf erhoben wurde, *Einstein* habe diese Formel (ohne Nennung ihres Urhebers) „abgeschrieben"[1]). Deswegen sei klargestellt, wie diese Übereinstimmung herausgekommen ist.

Die in Rede stehende Formel für die Winkelverschiebung ε des Perihels in der Zeit, die der Planet von einem Perihel zum nächsten braucht, lautet:

$$\varepsilon = \frac{6\pi\, Cm}{a(1-e^2)c^2} \quad \ldots\ldots\ldots (1$$

In ihr bedeutet:

C die Gravitationskonstante (Dimension $m^{-1}l^3t^{-2}$),
c die Lichtgeschwindigkeit im leeren Raum,
a die große Achse,
e die numerische Exzentrizität der annähernd elliptischen Planetenbahn.

Wir wollen zunächst zeigen, an welchen der Gerberschen und der Einsteinschen Behandlung gemeinsamen Zügen diese Formel, abgesehen von einem Zahlenfaktor, hervorgeht.

Diese Züge sind:

1. Wegen des Satzes von der Äquivalenz der trägen und der schweren Masse geht die Masse des Planeten nicht in die Formel ein.

2. Da beide Behandlungsarten die Frage als die nach der Anziehung zweier Massenpunkte behandeln, so stehen ihnen von physikalischen Größen C, a und e zur Verfügung[1]). Außerdem noch die Lichtgeschwindigkeit c, bei *Einstein*, weil dort diese Konstante eine Bedeutung weit über die Elektrodynamik hinaus besitzt, bei *Gerber* aus Gründen, die wir weiter unten kennen lernen werden.

3. Der Teil der Bahn, auf welchem sich der Planet vom Perihel zum Aphel bewegt, ist kongruent zu dem anderen Teil, auf dem er vom Aphel zum Perihel geht. Es ist dies eine Folge der Symmetrie des Problems und des allgemeinen Satzes, daß beim Fehlen von Reibungswiderständen usw. jede Bewegung auch im umgekehrten Sinn zurückgelegt werden kann. Deshalb müssen der größte Abstand von der Sonne, vom Betrage $a(1+e)$, und der kleinste, $a(1-e)$, symmetrisch in die Gleichung eingehen.

4. Der Winkel ε ist so klein, daß man eine nach steigenden Potenzen von m fortschreitende Reihe für ihn ansetzen kann und nur deren in m lineares Glied zu berechnen braucht. Das ist natürlich nicht selbstverständlich, aber es stimmen *Gerber* und *Einstein* darin überein.

In der Tat: Aus C, c, m und a läßt sich nur auf eine Art eine reine Zahl gewinnen, nämlich in der Vereinigung $Cm : ac^2$. Nach der Forderung 3 aber muß man bilden:

$$\frac{1}{2}\,\frac{Cm}{c^2}\left(\frac{1}{a(1+e)}+\frac{1}{a(1-e)}\right)=\frac{Cm}{a(1-e^2)c^2} \quad (2$$

Nun könnte zunächst natürlich noch jede Funktion dieses Ausdrucks für ε benutzt werden, die keinen Parameter von physikalischen Dimensionen enthält. Aber die Forderung 4 beschränkt die Wahl auf Ausdrücke, die durch Multiplikation mit einer reinen Zahl aus 2) entstehen, was zu beweisen war.

Beim Zeemaneffekt ist es ja ähnlich. Will man dort die Veränderung der Schwingungszahl, deren Dimension t^{-1} ist, durch die Ladung ε und die Masse μ des Elektrons erklären, ferner durch die magnetische Feldstärke H und durch c, und zwar so, daß entsprechend dem elektrodynamischen Kraftgesetz ε und H nur in dem Produkt εH auftreten, so hat man keine Wahl, als Proportionalität zu $\varepsilon H : \mu c$. Eine eingehendere Theorie kann nur noch den Zahlenfaktor bestimmen.

Warum aber erhalten *Gerber* und *Einstein* nun auch noch denselben Zahlenfaktor? Bei *Einstein* ergibt er sich zwangsläufig aus der allgemeinen Theorie. Wie *Gerber* zu ihm kommt, das soll nun eine kleine historisch-kritische Stu-

[1]) Wir hatten anfangs nicht die Absicht, mitzuteilen, wo sich dieser Vorwurf gedruckt findet. Nun hat sich aber ein Herr *Paul Weyland* in der Protestversammlung gegen die Relativitätstheorie im Philharmonie-Saale in Berlin am 24. August 1920 bitter über die Taktik des Totschweigens, die gegen die Gegner der Relativitätstheorie angewandt werde, beklagt. Also sei urbi et orbi verkündet, daß er selbst diese nach seinen eigenen Worten schwere Anklage in der Unterhaltungsbeilage der „Täglichen Rundschau", Nr. 171 und 175, vom 6. und 11. August 1920, erhoben und in der erwähnten Versammlung wiederholt hat.

[1]) Führt man wie *H. v. Seeliger* die Perihelbewegung auf Massen in der Umgebung der Sonne zurück, so wird das natürlich ganz anders.

die zeigen, die sich übrigens schon bei *H. v. Seeliger*[1]) findet.

Seit 50 Jahren weiß man, daß das Webersche Grundgesetz der Elektrodynamik, übertragen auf die Schwere, den Planeten eine Perihelbewegung gibt. Das haben der Mathematiker *Scheibner* in „Zöllner, Natur der Kometen" (Leipzig 1872) Seite 334 und der Astronom *Tisserand* in den Comptes Rendus *75*, 760, 1872 nachgewiesen. Es ist seitdem auch in die Tisserandsche „Mécanique céleste" Band *IV*, S. 499 u. f. (1896) übergegangen. Das Ergebnis lautet:

$$\varepsilon = \frac{2\pi C m}{a(1-e^2)c^2} \quad \ldots\ldots\ldots (3$$

Der Verlauf dieser Rechnungen zeigt, daß dafür maßgebend ist allein das zweite Glied einer Gleichung von der Form:

$$\frac{\partial T}{\partial r} - \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{\partial T}{\partial r'}\right) = -\frac{Cm}{r^2}\left(1 - \frac{1}{c^2}r'^2 + \frac{2r}{c^2}r''\right), \quad (4$$

in welcher $T = \frac{1}{2}q^2$ die kinetische Energie einer Masse 1 ist, r der Abstand von der Sonne, r' und r'' dessen Ableitungen nach der Zeit t. Zu diesem Gliede ist ε proportional. Da nun die Einsetzung des Zahlenwerts $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec in (3 nur ein Drittel der beobachteten Perihelverschiebung beim Merkur ergab ersetzte *Gerber* die Gleichung (4) durch die folgende[2]):

$$\frac{\partial T}{\partial r} - \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{\partial T}{\partial r'}\right) = -\frac{Cm}{r^2}\left(1 - \frac{3}{c^2}r'^2 + \frac{6r}{c^2}r''\right) \quad (5$$

Es ist ohne weiteres klar, daß er dann statt (3) die Gleichung (1) finden mußte.

So einfach diese Entdeckung zu machen war, so bedeutsam hätte sie werden können, wenn *Gerber* seinen Ansatz (5) aus vernünftigen physikalischen Vorstellungen mathematisch einwandfrei hätte ableiten können. Dann hätte seine Erklärung den Wert gehabt, die Perihelbewegung mit gewissen anderen Tatsachen in Beziehung zu setzen — andere Erklärungsarten gibt es aber in der Physik überhaupt nicht. Und der Versuch mit der Übertragung des Weberschen Gesetzes hatte ja den Sinn, daß man die Schwere in Zusammenhang mit der Elektrodynamik bringen wollte. Aber dieser Forderung genügt *Gerbers* Aufsatz auch nicht im bescheidensten Maße. Daß die Ausbreitung der Schwerewirkungen mit endlicher Geschwindigkeit nicht, wie er meint, aus seinen Gleichungen folgt, daß diese im Gegenteil — wie das Webersche Gesetz — durchaus auf dem Boden der Fernwirkung stehen, glaubt der Verfasser 1917 in den Ann. d. Phys. (*53*, S. 214) nachgewiesen zu haben. Und was *Gerber* sonst an physikalischen Überlegungen vorbringt, scheint uns unverständlich. Auf die mathematischen Ungenauigkeiten aber hat *H. v. Seeliger* (Ann. d. Phys. *53*, 31, 1917) hingewiesen. Als physikalische Erklärung können wir *Gerbers* Arbeit daher nicht anerkennen.

[1]) Münchener Sitzungsberichte 1918, S. 262.

[2]) Ann. d. Phys. *52*, S. 437, Zeile 9 und 10 von unten: Das dortige μ ist gleich Cm.

Wir fassen zusammen: Die Übereinstimmung der Einsteinschen und der Gerberschen Formel beruht, wenn man von einem Zahlenfaktor absieht, auf wenigen einfachen und einleuchtenden Zügen, welche sich bei *Einstein* aus der allgemeinen Relativitätstheorie notwendig ergeben, während sie in die Gerbersche Arbeit infolge deren Verwandtschaft mit der Scheibnerschen und Tisserandschen hineingekommen sind. Die Gleichheit des Zahlenfaktors aber erklärt sich ganz einfach so, daß *Gerber* den richtigen Faktor *erzwungen* hat, indem er *ohne jede physikalische Begründung* den mathematischen Ansatz seiner beiden Vorgänger entsprechend *abänderte*.

Vernunft und Widersinn in der Eigenhygiene der Naturvölker.

Von L. Külz, Altona.

Einer der tiefsten, grundsätzlichen Unterschiede zwischen unserem eigenen Denken und Tun von dem der Naturmenschen besteht darin, daß diese dabei viel weniger als wir durch Überlegung und vernünftiges Abwägen bestimmt werden. Bei ihnen herrscht das „triebartige", impulsive Handeln vor; „sie tun," wie man sagen darf, „was sie nicht lassen können". In eine für das Gedächtnis geeignete kurze Formel gebracht heißt das: *Der Primitive wird vom Reflex, wir von der Reflexion geleitet.* Indessen muß betont werden, daß wir dieses impulsive Handeln nicht in voller Ausschließlichkeit bei ihm herrschen sehen, sondern es *überwiegt* nur. Wir finden bei ihm nebenbei ebenso Andeutungen der Überlegung, wie wir andererseits bei uns triebartige Ausbrüche und sonstige Rückfälle in den Urzustand der Barbarei gerade im Kriege tausendfach erlebten.

Instinkt und Gewohnheit haben in der Hauptsache den Naturvölkern in Jahrtausend langer Entwicklung eingehämmert, was sie jeweils zu tun und zu lassen haben; nur einen ganz geringfügigen Anteil nimmt von Fall zu Fall die Überlegung der einzelnen Personen am Auslösen einer bestimmten Handlung. Diese psychologische Eigenart finden wir durchgehend bei *allen* Lebensäußerungen des Naturmenschen, auch auf dem gesundheitlichen Gebiete.

Während er mit dem Instinkt, also dem Niederschlag einer in Jahrtausenden gewonnenen Erfahrung, im allgemeinen das Richtige treffen wird, droht ihm, sobald er zu denken anfängt, weit mehr als uns, die wir geistig vorgeschult sind, die Gefahr von Trugschlüssen oder falschen Vorstellungen und einer daraus fließenden Unzweckmäßigkeit des Handelns. Dasjenige Gebiet, auf dem der Mensch am ehesten vom starren, automatischen Handeln zur Überlegung kam, also vom Reflex zur Reflexion, scheint das religiöse gewesen zu sein. Er hat über alle ihm mit seinen Sinnen unfaßliche Dinge, und zwar zuerst über die Schaden bringenden, teils mit ehrfurchtsvoller Scheu, teils aus reiner Furcht nachzudenken begonnen, darunter auch über die Heimsuchungen durch

Krankheit. So haben im Urzustande aller Völker, auch im klassischen Rom und Griechenland oder bei unseren Vorfahren, die Anfänge der gesamten Heilkunde in den Händen der Priesterschaft gelegen, wo sie beim afrikanischen Neger noch heute zu suchen sind, dessen Fetischpriester zugleich der Medizinmann des Stammes ist. Selbst bei uns hat sich die Heilkunde noch nicht völlig vom Priestertum und Wunderglauben frei gemacht. Dort in den italienischen Sümpfen, wo man früher der „Dea febris" opferte, fleht man heute zur „Madonna della febre"; und während der kranke Schwarze mit seiner Ziege als Honorar zum Fetischzauberer pilgert, läßt man sich bei uns in der Hütte wie im Palast gesundbeten. Die auch heute noch nicht ausgerottete Anziehungskraft aller geheimnisvollen Wundertränke und Manipulationen ist im Grunde nichts anderes als ein Zerrbild derselben menschlichen Eigenschaft, die einst tausende Gläubiger in die Tempel des Äskulap trieb. Aber trotz ideeller Berührungspunkte zwischen Urzustand der Menschheit und moderner Zeit sind die Unterschiede in der Hygiene des Naturvolkes und der unsrigen schon dadurch riesengroß, daß jene der geistigen Mithilfe der Kultur entbehrend, ohne jede Entwicklung auf der von uns vor vielen hundert Jahren vorübergehend durchlaufenen Stufe stehengeblieben sind. Vor allem vermissen wir dort jede auch nur leise Regung einer öffentlichen, sozialen Hygiene, wie sie bei jedem Kulturvolk schon in der Zeit seines ersten geschichtlichen Auftretens zu entdecken ist. Es sei erinnert an die durchaus zweckmäßige Seuchenbekämpfung im alten Ägypten oder bei den Juden des Alten Testamentes, ganz zu schweigen von den bewundernswerten Wasserwerken und sonstigen sanitären Prachtbauten im alten Rom.

Was wir nun an Regungen der eigenen Hygiene bei den Naturvölkern sehen, kann einer dreifachen Motivierung zu verdanken sein: 1. dem Instinkt, 2. dem persönlichen Entschluß, 3. einer Mischung beider. Es fehlt ihnen allen aber vollkommen gerade die Haupttriebkraft für allen Fortschritt in unserem eigenen Gesundheitswesen, das bewußte Vorwärtsstreben, das durch wissenschaftliche Forschung oder in planmäßiger Beobachtung oder durch erfolgreiche Aufnahme des Kampfes gegen gesundheitsfeindliche Naturkräfte sich äußert. Wo nicht Gleichgültigkeit jeden Fortschritt abschneidet, hat vereinzelt der Selbsterhaltungstrieb, jener harte erste Lehrmeister aller Hygiene, bei Krankheiten, die lange Zeit mit besonderer Stärke sie heimsuchten, ihre gesundheitliche Sorglosigkeit durchbrochen und vereinzelt zweckmäßige Maßregeln finden lassen, wie z. B. die Isolierung ansteckender Pockenkranker oder Aussätziger. Die drei benannten Möglichkeiten der Motivierung des Handelns auf gesundheitlichem Gebiete drücken je nach der Stärke ihrer Beteiligung dem Gesamtbilde ein charakteristisches, widerspruchsvolles äußeres Gepräge auf, mit einem unmittelbaren Neben- und Durcheinander von einwandfreier Zweckmäßigkeit und ungeheuerlicher Unvernunft. Die reine Herrschaft des Instinktes führt dahin, daß bei den verschiedensten Naturvölkern der bewohnten Erde die durch ihn ausgelösten unbewußten Betätigungen überall vollkommen übereinstimmen, während alle übrigen in buntem Wechsel bald hier bald da auftreten oder fehlen. Zugleich stellen die vom Instinkt ausgelösten Handlungen die zweckmäßigen im Sinne der Erhaltung der Art dar, während in der zweiten Gruppe die Äußerungen hygienischen Widersinnes und vollster Unzweckmäßigkeit vertreten sind. Wo in einer Zwischengruppe beide Motive sich mischen, können wir noch beobachten, wie ein vernünftiger Kern von einer dicken Schale des Unverstandes umschlossen wird, die ihn oft genug schließlich ganz erdrückt. Einige besonders wichtige oder interessante Einzelbeispiele aus dem Völkerleben Afrikas und der Naturmenschen des fernen Ostens mögen diese Tatsache illustrieren.

Ich habe kein einziges Naturvolk kennen gelernt, wo nicht in ausnahmsloser Selbstverständlichkeit jede Mutter ihr Kind selbst genährt hätte, und zwar während einer Zeitdauer, die selbst in den kürzesten Fällen noch weit über die bei uns beobachtete längste hinausragt. Drei, selbst vier Jahre Stilldauer sind keine Seltenheit. Damit ist dem Naturkinde weitaus der beste Schutz gegen alle Verdauungskrankheiten gegeben. Ich habe ungezählte Male Negerfrauen gefragt, warum sie ihr Kind nährten. Niemals habe ich überhaupt eine Antwort darauf bekommen, auch nicht die von mir erwartete, naheliegende, daß sie es tun, damit ihr Kind nicht verhungere. Sie tun es unbewußt als das Zweckmäßige, das sie nicht lassen können. Oder betrachten wir die Bauart der Hütten des Naturmenschen, so beobachten wir, daß er als Folge vielhundertjähriger Erfahrung zu Baumaterial das Zweckmäßigste nimmt, was jeweils die Umwelt ihm bietet. Bei solchen selbst für weit auseinander liegende Völker verschiedener Erdteile völlig übereinstimmenden Maßnahmen haben wir zur Erklärung keine Nachahmung des einen durch das andere anzunehmen, sondern es haben an verschiedenen Plätzen der Welt dieselben zwingenden Einflüsse den Menschen zu gleicher Wirkung geführt, eine Erscheinung, für die durch *Bastian* die Bezeichnung des *„Völkergedankens"* eingebürgert wurde.

Weit vielgestaltiger aber als diese Äußerungen des Völkergedankens der Hygiene sind die Auswirkungen der Stammessitte und die *Vereinigung von gesundheitlichen Maßnahmen und Religionswesen.*

Schon die Hygiene der drei Hauptpunkte in der Entwicklung eines jeden Menschenlebens, *der Geburt, der Ehe* und *des Todes,* ist nicht mehr der Ausfluß reinen Instinktes, sondern mit vielem Beiwerk umkleidet, das aber der Willkür des einzelnen entzogen, streng geregelt ist durch die bei den Naturvölkern überall heilig gehaltene streng befolgte Stammessitte. Deren Bräuche haben ihre Geltung erlangt entweder als Ausdruck einer

lange Zeit hindurch in Kraft gewesenen äußeren Einwirkung oder nach Art unserer Gesetze durch den Willen eines einzelnen, seine Volksgenossen hoch überragenden Führers. Der Name solcher Gesetzgeber ist nur ausnahmsweise, wie z. B. bei den großen Religionsstiftern der Welt, nicht der Vergessenheit anheimgefallen.

Die *Entbindung* ist beim Weibe des Naturmenschen ein furchtlos hingenommenes, kaum jemals abnorm verlaufendes Ereignis. Ein Wochenbett gibt es nicht. Nach einigen Stunden der Ruhe nimmt die Mutter ihr Kind und geht wie sonst ihrer Beschäftigung nach. Einige weitere Stunden danach reicht sie ihm zum ersten Male als selbstverständlich die Brust. Soweit handelt die Wöchnerin unter dem stummen aber zwingenden Befehle ihres Instinktes; und überall in der Welt, beim Neger Afrikas genau so wie beim Melanesier der Südsee, ist dieser Befehl vollkommen übereinstimmend derselbe. Nicht aber vom Instinkt, sondern von der Stammessitte diktiert, tritt nun das jeweils dem Stammescharakter entsprechende überall verschiedene Beiwerk hinzu, dessen Gebote zwar nicht mehr unbewußt, aber auch noch in blindem Gehorsam befolgt werden. Einige von ihnen lassen auch jetzt noch ihre Zweckmäßigkeit für Erhaltung der Rasse sofort erkennen, bei anderen können wir wenigstens noch sehen, daß sie früher zweckdienlich waren. Eine dritte Gruppe freilich verlangt von den Eltern des Neugeborenen Handlungen, die heute uns völlig vernunftwidrig anmuten. Bis in unsere Tage hinein war die Sitte des Kindesmordes überall verbreitet. Soweit dadurch Mißbildungen, schwächliche Geschöpfe und hoffnungslos Kranke aus der gesamten Menge des Volkes ausgemerzt wurden, handelte es sich zweifellos um einen harten, aber rassedienlichen Brauch. Wenn aber beim gleichen Volke die vom Aberglauben diktierte Sitte verlangt, daß von zwei Zwillingen der eine getötet werden muß oder daß ein krankes Kind nicht zu pflegen, sondern auszusetzen sei, oder daß — um einen der allereigenartigsten Bräuche des Menschengeschlechts zu erwähnen — der Vater eines Neugeborenen an Stelle der Mutter ein streng geregeltes „Männerkindbett" absolviert, kommt nur noch der reine Widersinn zum Vorschein.

Ähnlich verhält sich's auch mit den gesundheitlichen Bräuchen und Geboten, die am andern Pole des Menschenlebens, beim Tode eines Stammesgenossen, befolgt werden müssen. Es mag hunderte verschiedener Begräbnisarten auf der Welt geben; eine gesundheitlich völlig einwandfreie sah ich bei einem Naturvolke noch nie, wohl aber sehr oft war das hygienisch zweckmäßige Urmotiv noch erkennbar. Es sei erinnert an jene in Poesie und Prosa so oft beschriebenen „Türme des Schweigens", in denen Zoroasters Gläubige Indiens durch die Parsi ihre entblößten Toten den Aasgeiern zur Beute hinlegen[1]). Man kann sich zwar keine gründlichere Leichendesinfektion denken als durch die Verdauungssäfte eines Raubvogelmagens; aber wie oft mag die Gefahr bestehen, daß von solchen gierig einfallenden oder aufgescheuchten Aasjägern herabfallende Leichenbrocken irgendwo zu unkontrollierbaren Lager- oder Brutstätten verhängnisvoller Krankheitskeime werden!

Die große Bedeutung, die bei uns der Ehe als entscheidendem mittleren Lebensabschnitt zukommt, finden wir beim Naturmenschen nicht, weil sie als Kaufehe ein geschäftlicher, wenig oder gar nicht durch religiöse Bräuche veredelter Akt ist.

Eine von größtem Einfluß aber für die Entwicklung des Jünglings werdende andere Sitte bei den Naturvölkern finden wir überall in den sogenannten „Pubertätsfesten", d. h. den mit regster Beteiligung der ganzen Bevölkerung mehrere Tage hindurch unter geheimnisvollen religiösen Handlungen und auch weltlichen Festlichkeiten begangenen Termin, wo der Jüngling (bei manchen Stämmen auch die Jungfrau) in die Zahl der Erwachsenen aufgenommen wird. Bei aller Verschiedenheit im einzelnen der dabei geübten Bräuche kehren gerade die am meisten charakteristischen überall in der Welt wieder:

1. findet statt die Einweihung in die bis dahin dem Knaben geheim gehaltenen Mysterien der Geisterwelt;

2. wird sein Mut auf allerhand harte Proben gestellt, bei denen es nie ohne Blutvergießen und grausame Härten nach *unserm* Empfinden abgeht; sei es, daß eine körperliche Züchtigung bis zur Verwundung der Haut oder irgendeine andere Tortur an ihm vollzogen wird;

3. ist mit diesen Festen vielfach die Vornahme der Beschneidung verbunden;

4. ist überall der Abschluß der Feier eine große Schmauserei, gefolgt von Spielen und Tänzen der Alten und Jungen des Dorfes.

Wir sehen also vor uns ein religiös-hygienisches Volksfest. Was der erste Zweck gewesen sein mag, können wir heute nicht mehr ermitteln, doch finden wir auch in der Urgeschichte der heutigen Kulturvölker, selbst in der unsrigen, bis ins Mittelalter erhalten sehr deutliche Anklänge an jene Mannbarkeitsfeste des Naturmenschen. Es sei erinnert an den deutschen „Ritterschlag". Für das spätere Leben des Naturmenschen ist dieses Fest dadurch von der nachteiligsten Wirkung, daß er von jetzt ab nicht mehr harmlos in den Tag hineinlebt, sondern sich auf Schritt und Tritt von bösen Geistern umlauert sieht. Gute Geister gibt es bei Naturvölkern nur ganz ausnahmsweise, und auch die Krankheiten sind für ihn Heimsuchungen feindlicher Dämonen. Ihren Groll muß er durch allerhand Opfer zu beschwichtigen suchen, die er ihnen durch Vermittlung des Fetisch-

[1]) Die eigenartigste, dabei überaus anschauliche und poetisch empfundene Darstellung, die ich kenne, stammt als prächtige Kriegsfrucht von einem meiner Kameraden an der persisch-türkischen Front, Rittmeister *E. Tschirner*, „Streifzüge um den persischen Golf", 1917.

priesters darbringt. Diese Versöhnungsopfer sind hinsichtlich des Objekts sehr verschieden, haben aber auch in der Urzeit der Kulturvölker ihre Analoga und bestanden auch dort nicht nur in Nahrungsmitteln oder Gebrauchsgegenständen, sondern stiegen hinauf in ihrem Wert bis zu dem Menschenopfer, wie es ja selbst im Alten Testament als Gott wohlgefällig bezeichnet wird. Der junge Naturmensch selbst unterscheidet sich nunmehr von unseren Jünglingen, vermutlich infolge der Einwirkungen dieses Mannbarkeitsfestes, ganz auffälligerweise darin, daß für ihn jede weitere geistige Entwicklung aufhört. Während bei uns gerade in diese Jahre hinein die Zeit der größten Ideale, der lebhaftesten Zukunftspläne und des eifrigsten Strebens nach hohen Leistungen und die Zeit der Berufswahl fällt, wird dort aus dem bis dahin sorglos heiteren Kinde, das an Frohsinn und Spielfreudigkeit dem unsern in nichts nachsteht, nunmehr der erwachsene, stumpfsinnige, ohne höheres Ziel dahinlebende, von der Dämonenangst gepeinigte und nur auf Befriedigung seines Magens und seines Geschlechtstriebes bedachte Mensch, als der er uns in jeder Weise unsympathisch ist.

Das eigene Nachdenken kann sich dort am besten beim Naturmenschen zur Geltung bringen, wo er möglichst wenig durch neue Eindrücke von seiner Umgebung her gestört, seinen eigenen kleinen Kulturbesitz und Gedankenkreis langsam immer weiter entwickeln und pflegen kann. So sehen wir bei allen in strenger Abgeschlossenheit lebenden Volksstämmen, besonders auf kleinen, weit von einem Kontinent entfernt gelegenen Inseln eine zwar einseitige, aber hoch entwickelte und dabei immer überaus eigenartige Kultur, in deren Hygiene gerade sich sowohl nach der Seite der Vernunft wie des Unverstandes der höchste nur denkbare Grad im Laufe der Jahrhunderte herausgebildet hat. Für beide ein Beispiel aus der Südsee, von denen eins die Beerdigungsbräuche, das andere die chirurgische Tätigkeit bei zwei dicht benachbarten Inselvölkern betrifft.

In einer Hütte, die ich eines Tages betrat, weil ihr Baumaterial und ihre ganze Anlage mir hygienisch zweckmäßig schienen und mich veranlaßten, auch das Innere näher kennen zu lernen, hing von der Spitze des kegelförmigen Daches zum Fußboden herunter eine eigentümliche riesige Spindel, unter der in einem Tongefäß eine durch die Bastumhüllung dieser Spindel herabtropfende Flüssigkeit aufgesammelt wurde. Durch bloßes Studium meinerseits konnte ich in das Geheimnis dieser eigenartigen Spindel nicht eindringen, aber das Befragen der Hüttenbewohner führte, wenn auch erbärmlich langsam, schließlich zu folgender Enthüllung: Der Kern der Spindel bestand aus dem vor wenigen Wochen verstorbenen Hüttenbesitzer, dessen Leichnam mit Kleidungsstücken und darüber mit Bast fest umschnürt worden war. Das Fußende nach oben, den Kopf nach unten, ließ man ihn in seiner rauchigen Hütte langsam in Verwesung übergehen, wobei durch den Luftabschluß der festen Umhüllung und als Wirkung des reichlich in der Hütte entwickelten Rauches keine Fäulnis, sondern eine Mumifizierung angeblich eintrat. Während der ersten Zeit dieses Prozesses schied der Leichnam reichlich Verwesungsflüssigkeit aus, die in einem untergestellten Gefäß gesammelt und im Glauben, besondere Körperkraft zu verleihen, als Zaubertrank genossen wurde.

Im Gegensatz hierzu sei als Meisterstück der Chirurgie unter den vielen am kindlichen Körper vorgenommenen Eingriffen die in Nord-Neupommern und Süd-Neumecklenburg von den Müttern geübte Trepanation der Kinder erwähnt.

Wir sind trotz der Eigenartigkeit dieses Eingriffs doch leidlich klar darüber, wie man zu ihm gekommen ist. Eine der am meisten gebrauchten Waffen dieser Leute war die Steinschleuder; und die häufigen schweren Schädelverletzungen im Verein mit den durch den Kannibalismus vermittelten anatomischen Kenntnissen haben sie zu einer sorgfältigen Entfer-

Trepanationsnarben der Stirn.

nung von Knochensplittern und zur sonstigen aktiven Behandlung solcher Wunden gebracht. Die häufig wiederholte Beobachtung, daß nach geglückter Trepanation die Schmerzen des Verletzten aufhören, hat sie dazu übergehen lassen, auch bei heftigen Kopfschmerzen aus anderer Ursache und bei Krankheiten, deren Sitz man im Schädel vermutete, diesen kühnen Eingriff auszuführen. Noch ein Schritt weiter brachte sie zur vorbeugenden Trepanation, wobei die Vorstellung mitgewirkt haben mag, daß der böse Geist der Krankheit aus der gesetzten Schädelöffnung entweicht. Die Mütter führen sie an ihren Kindern zum Schutze gegen alle möglichen Leiden aus. Mit einer scharfen Muschelschale durchschaben sie den Stirnknochen in senkrechter Richtung in Ausdehnung von 3 bis 4 cm, bis ein schmaler Knochenspalt entsteht. Man sieht sogar nicht selten Eingeborene mit mehreren parallel laufenden, tiefen Knochennarben auf der Stirn als Erinnerung an eine mehrmalige, in der Kindheit überstandene Trepanation. Unser Bild zeigt einen jungen Burschen

mit einer ganzen Anzahl solcher Trepanationsnarben der Stirn. Bei der großen Vorliebe für auffällige Ziernarben gerade unter diesen Eingeborenen halte ich's nicht für ausgeschlossen, daß bei diesem ganzen Verfahren auch der Wunsch der Mütter mitspricht, solche Narben an besonders auffälliger Stelle in auffälliger Form zu erzielen.

Dieses Beispiel ist lehrreich noch nach einer andern Richtung hin: Es beweist, daß einzelne hohe Kulturleistungen sich entwickelt haben können bei einem Volke, das im übrigen auf tiefster Entwicklungsstufe steht, so daß man sich nicht verleiten lassen darf, aus einer solchen Einzelblüte oder auch sogar mehreren, die sich eventuell finden können, auf einen hohen Gesamtwert der Kultur dieses Volkes zu schließen, wie es besonders naheliegt, wenn man auf Spuren derartiger Leistungen bei vorgeschichtlichen Ausgrabungen oder bei Entdeckungen aus den Anfängen der geschichtlichen Überlieferung eines Volkes stößt. Solche Trugschlüsse scheinen mir besonders bei den untergegangenen Indianerstämmen Amerikas vorzuliegen.

Leider wird die Zweckmäßigkeit instinktiv geübter Hygiene nicht nur ausgeschaltet, sondern vielfach in ihr Gegenteil verkehrt durch das Zusammentreffen der Eigenkultur eines Naturvolkes mit der europäischen. Aus der großen Zahl von Bräuchen, die auf diese Weise zu einem Verhängnis für den Naturmenschen geworden sind, möge als verbreitetster und bedeutsamster auf die Vielweiberei verwiesen sein. Im Urzustande ist die Vielehe hervorgegangen aus dem Frauenüberschuß der Naturvölker und ist im übrigen eine hygienische Forderung für sie gewesen. Daß tatsächlich Frauenreichtum (erhöht durch die Ehelosigkeit der Sklaven) ein Antrieb zur Vielehe ist, ersehen wir daraus, daß sie sofort zurücktritt, wenn jener fehlt. So ist sie in der Südsee, wo im Gegensatz zu Afrika überall Männerüberschuß besteht, zwar gestattet, aber nur in einem überaus niedrigen Prozentsatz geübt. Ja, es kehren sich bei großem Frauenmangel die Verhältnisse bei Naturvölkern sogar zur Polyandrie um, jenem bedenklichen Zustand, wo mehrere Männer sich eine Frau halten. Die lange Stilldauer der Eingeborenenfrauen wird unterhalten durch das Gebot, sie während dieser Zeit nicht ehelich zu brauchen. Der Mann wird daher nach der Geburt seines ersten Kindes, um sich keine Beschränkung auferlegen zu müssen, nach dem käuflichen Erwerb eines zweiten Weibes trachten. Da ferner beim Naturvolke der körperlich und geistig Befähigtere gleichzeitig auch der Einflußreichere ist und den größeren Besitz hat, besteht für ihn auch die bessere Möglichkeit des Frauenerwerbes. Es kann also der Aristokrat unter den Naturmenschen — darunter die hier noch vereinte Überlegenheit des Verstandes, der körperlichen Vorzüge und des Reichtums verstanden — sich stärker vermehren als der Proletarier und seine Vorzüge in höherem Maße vererben, als es in der Einehe möglich wäre. Außerdem läßt die Mehrehe den Frauenüberschuß mit seiner Kinderlosigkeit von der Bildfläche verschwinden. Auf die Volksvermehrung hat im Urzustande die Vielweiberei keinen ungünstigen Einfluß. Diese Tatsache müssen wir trotz unserer Abneigung, die jedem Kulturmenschen auf Grund seiner Ethik ohne weiteres innewohnt, festhalten. Zum Beweis dafür, daß die Vielweiberei die Kinderzahl eines Volkes nicht zu beeinträchtigen braucht, kann allein der Hinweis auf die Vermehrungszahlen der Chinesen genügen, die alle europäischen Kulturvölker in den Schatten stellen, trotz Pest, Cholera, Hungersnot, Überschwemmungen und Opiumlasters. Auf der andern Seite hat die Einehe den Bevölkerungsstillstand der Franzosen nicht verhindert. Denken wir uns die Vielehe von einem Naturvolke plötzlich weg, so würden sich folgende Nachteile ergeben: Ein ledig bleibender Frauenüberschuß, eine geringere Vererbung hochwertiger Eigenschaften, eine kürzere Schonung der stillenden Frauen, die bei einer alsbald eintretenden neuen Schwangerschaft ihr erstes Kind des besten gesundheitlichen Schutzes beraubt. Ganz anders sieht das Bild aber aus von dem Zeitpunkt an, wo als unerwünschte Kulturbegleiter dem Naturvolke die Geschlechtskrankheiten vermittelt werden. Von jetzt ab fangen unter ihnen an als Folgezustand der Gonorrhöe die sterilen Ehen zu erscheinen, die Volksvermehrung also herabzugehen. Durch die Syphilis aber beginnen die Fehlgeburten sich zu vermehren, was abermals der Volksvermehrung Abbruch tut. Je mehr Frauen nunmehr ein gonorrhöischer oder steriler Häuptling auf sich vereinigt, um so schwerer der Schaden für die Volkshygiene.

Die Beispiele, daß in entsprechender Weise unsere Kultur die Eigenhygiene des Naturmenschen entwertet, ließen sich leicht vermehren. Sie verpflichten uns, diese Gefahr nach Möglichkeit durch vorbeugende Maßnahmen auszuschließen oder, wo das nicht möglich gewesen ist, durch intensive hygienische Fürsorge wieder auszugleichen oder darüber hinaus eine Überkompensation zu schaffen, indem wir hygienische Mißstände ihres Urzustandes durch unsere moderne medizinische Wissenschaft ausrotten, wozu wir vielfach mit Sicherheit imstande sind. Es sei nur hingewiesen auf die Möglichkeit, Riesenverluste an Menschenleben den Naturvölkern zu ersparen durch die eine Maßnahme der Pockenimpfung, erst recht aber mit der Durchführung einer allgemeinen Seuchenbekämpfung.

Die Sternhaufen.

Von J. Hopmann, Bonn.

I.

Seit dem Ausgang des 18. Jahrhunderts haben die Sternhaufen das Interesse der Astronomen

wachgehalten, besonders aber in den letzten Jahren sind sie, vor allem mit Hilfe der Photographie, eingehender untersucht worden und geben nunmehr uns neue wesentliche Aufschlüsse über den Bau des Weltalls. Es ist daher berechtigt, in aller Kürze über unsere derzeitigen Kenntnisse von diesen merkwürdigen Himmelsobjekten zu berichten.

Als *Sternhaufen* bezeichnet man heute nicht nur jede Vielheit scheinbar eng zusammenstehender Sterne, sondern jede größere oder kleinere Gruppe organisch zusammengehörender Fixsterne, auch wenn sie sich über eine größere Fläche des Himmels verteilen. Die Plejaden, der älteste schon dem *Homer* bekannte Sternhaufe, sind im Laufe der Zeit naturgemäß am meisten studiert worden. Andere leicht sichtbare Objekte, die Hyaden, Präsepe, *h* und χ Persei u. a. hatte man

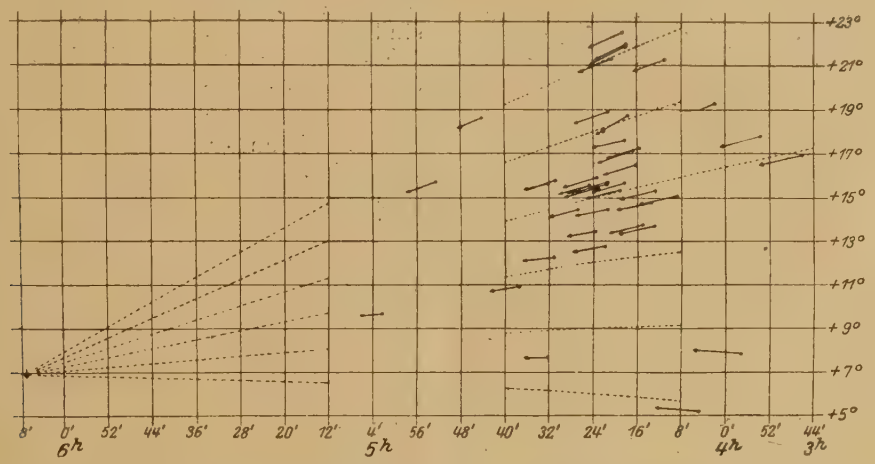


Fig. 1. Die scheinbaren Bewegungen von 50 Sternen der Hyaden. Die Punkte bezeichnen ihre augenblicklichen Stellungen, die Pfeile nach Größe und Richtung ihre Bewegung in 50 000 Jahren.

im 17. und 18. Jahrhundert kennen gelernt. 1784 veröffentlichte dann *Messier* seinen Katalog von Sternhaufen und Nebelflecken mit 103 Objekten, darunter 20 Sternhaufen. Bald darauf setzten die bahnbrechenden Arbeiten der beiden *Herschel* ein, so daß die Astronomen der ersten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts über 5000 Sternhaufen und Nebelflecke am gesamten Himmel kannten. Spätere Arbeiten förderten weitere Tausende zutage. Bis 1890 haben wir dann eine Reihe Monographien über einzelne Sternhaufen, d. h. mikrometrische Ausmessungen der gegenseitigen Lage der einzelnen Sterne eines Haufens. Diese mühevollen, viele Beobachtungsnächte beanspruchenden Arbeiten lieferten die Positionen von ca. 50—100 Sternen der nicht allzu gedrängt stehenden Haufen, den reicheren kompakteren gegenüber war man aber ohnmächtig.

Anders wurde dieses nach Einführung der Astrophotographie. Schon die erste derartige Arbeit von *Scheiner* 1893 brachte uns die Kenntnis von über 800 Sternen des großen Herkuleshaufens, und seitdem sind — vor allem auf nordischen Sternwarten — eine Anzahl von leichten und schwierigen Haufen vermessen worden. In großzügiger Weise geschieht dieses seit 1914 unter Geheimrat *Küstner* auf der Bonner Sternwarte. 12 Haufen, z. T. äußerst schwierige, mit insgesamt ca. 8300 Sternen, sind dort bis heute fertig vermessen; der Zeitumstände wegen konnten aber die Ergebnisse noch nicht publiziert werden. Diese genauen Ortsbestimmungen können heute als Grundlage für statistische Untersuchungen über die Verteilung der Sterne in den Haufen dienen. Sie steigen aber vor allem, je älter sie werden, an Wert. Denn sicher Jahrzehnte, wohl auch Jahrhunderte sind nötig, um die Bewegungen dieser ungeheuer fernen Objekte zu ermitteln. Verschiedentlich sind — mit negativem Ergebnis — Versuche gemacht worden, die Bewegungen in den Haufen zu bestimmen durch Vergleich zweier Aufnahmen eines Haufens mit demselben Refraktor und etwa 2 Jahrzehnten Differenz zwischen denselben. Wie Geheimrat *Küstner* gelegentlich bemerkt hat, spricht die Wahrscheinlichkeit dafür, daß sich die *gedruckten* Ausmessungen astrophotographischer Aufnahmen durch die Jahrhunderte hindurch wenigstens in einzelnen Exemplaren länger erhalten werden als die Platten selbst.

Das Studium der Helligkeiten der einzelnen Sterne in den Haufen und verwandte Probleme betreiben die großartig ausgestatteten amerikanischen Institute des Harvard College bei Boston und des Mount Wilson Observatory in Kalifornien.

Man unterscheidet heute Bewegungs-, Milchstraßen- und kugelförmige Haufen, zu deren Einzelbesprechung ich mich nunmehr wende.

II.

Der erste bekannte *Bewegungshaufen* ist die Gruppe der Plejaden. *Bessel* hat 1841 hierin 53 Sterne am Königsberger Heliometer genau vermessen. Eine Wiederholung dieser Arbeit durch *Elkin* in Amerika 1885, *Ambronn* in Göttingen u. a. ergab, daß ein wesentlicher Teil der Sterne

gemeinsam durch das Weltall wandert. Das gleiche gilt von der Präsepe, die um 1860 von *Winnecke* in Bonn und 1890 von *Schur* in Göttingen bearbeitet wurde. Noch typischer aber liegen die Verhältnisse bei den Hyaden. 1910 konnte *Boß* in Amerika durch Diskussion aller zugehörigen Beobachtungen des 19. Jahrhunderts die scheinbaren Bewegungen von 50 Sternen in dieser Gruppe bzw. ihrer Nachbarschaft ermitteln.

In Fig. 1 bezeichnen die Punkte die augenblicklichen Stellungen dieser Sterne, die Pfeile nach Größe und Richtung ihre Bewegung in 50 000 Jahren. Diese konvergieren offensichtlich nach einem bestimmten Punkte, d. h. die Sterne bewegen sich parallel durch das Weltall von uns fort (vgl. die Schienen eines größeren

Fig. 2. Milchstraßenhaufen M 36.

Bahnhofes). Bestätigt wird dies durch Bonner spektrographische Bestimmungen der Radialgeschwindigkeiten einzelner von ihnen. *Boß* gelangt weiter zu folgenden Ergebnissen: Die Entfernung der Gruppe von uns beträgt zurzeit 130 Lichtjahre; nach 30 Millionen Jahren wird sie nur so groß wie die Plejaden aussehen, während sie jetzt etwa ¾ so groß wie das Sternbild des Orion erscheint. Vor 1 Million Jahren war sie uns am nächsten, scheinbar doppelt so groß wie heute: Übrigens ist der Orion selbst als ein Sternhaufe aufzufassen. Denn die meisten seiner Sterne haben bei gleicher physikalischer Struktur (Heliumsterne) gemeinsame Bewegung von uns fort. Ein anderer uns noch näher stehender Bewegungshaufe ist die sogenannte „Bärenfamilie". Hier sind einige 20 Sterne bekannt, deren Bewegungen einen gemeinsamen Konvergenzpunkt haben. Sie verteilen sich über einen beträchtlichen Teil des Himmels (5 von den Hauptsternen des großen Bären, Sirius, Sterne in der Krone, im Bootes usw.). Auch hier gehören die Sterne meist dem gleichen Spektraltypus an. Eine Reihe von ihnen sind ferner spektroskopische Doppelsterne, deren Bahnebenen, wie *Guthnick* und *Prager* in Berlin gezeigt haben, in die Richtung der Bewegung dieses Haufens fallen.

III.

Trotz der 130 Lichtjahre Entfernung der Hyaden u. a. müssen wir die Bewegungshaufen noch als unsere nähere Umgebung betrachten. In ganz anderen Weiten liegen die nunmehr zu besprechenden *Milchstraßenhaufen*. Wie ihr Name sagt, stehen sie alle in oder dicht bei jenem schimmernden Gürtel, dessen Entschleierung fast gleichbedeutend ist mit der des Universums. Sie sind identisch mit den meist als mehr oder weniger grob zerstreut bezeichneten Sternhaufen. Sie sind es, die auszumessen die Astronomen des vergangenen Jahrhunderts zum Teil in der Lage waren. Bekannte unter ihnen sind *h* und χ Persei, M 11, M 35 usw. Das beifolgende Bild, Fig. 2, ist eine Reproduktion einer von mir 1918 erhaltenen Aufnahme des Haufens M 36. Die große Zahl der schwächsten Sterne ist im Druck natürlich verloren gegangen. Die Seite eines Quadrats des aufkopierten Gitters entspricht 200″. Auf einer Fläche von 6 × 7 Quadraten (etwa ¾ der scheinbaren Mondoberfläche) habe ich 560 Sterne gemessen. Das dichteste Quadrat enthielt 40 Sterne. Zum Vergleich diene, daß *Valentiner* um 1870 in Karlsruhe 36 Sterne in dem ganzen Haufen optisch gemesssen hat, *Oppenheim* in Wien 1896 photographisch 93 in der gleichen Fläche.

Wie ein Vergleich mit den Aufnahmen der amerikanischen Licksternwarte und den Heidelberger photographischen Himmelskarten von *Wolf* und *Palisa* zeigt, sind M 36 und alle diese Objekte nur als lokale dichtere Stellen der Milchstraße aufzufassen. Vor der weiteren Besprechung der physikalischen Struktur dieser Haufen sei erst einiges über die photographische Helligkeitsbestimmung der schwachen Fixsterne gesagt.

Eine absolute Helligkeitsbestimmung der Sterne auf einer photographischen Platte auf Grund der Angaben über Instrument, Expositionsdauer, Plattenempfindlichkeit usw. ist uns heute noch nicht möglich. Durch umfangreiche Untersuchungen verschiedener Astronomen sind die Helligkeiten einiger 100 Sterne in der Umgebung des Nordpols bekannt. Um nun die Helligkeiten der Haufensterne zu ermitteln, nimmt man in der gleichen Nacht auf der gleichen Platte und mit demselben Instrument bei gleicher Expositionsdauer kurz hintereinander den Sternhaufen und den Pol auf. Die Helligkeiten der Polsterne geben dann den Anhalt für die der Sterne in dem betreffenden Haufen. Bei je 1½-

stündiger Expositionszeit kommen wir so in Bonn mit dem 30-cm-Refraktor bis zu Sternen der 16. Größe, während der 150-cm-Mount-Wilson-Reflektor in gleicher Zeit Sterne der 20. Größe gibt.

Da die normale photographische Platte anders empfindet als unser Auge, sind die optischen und photographischen Helligkeiten der Sterne verschieden. Den optischen Größen sind nahezu gleichwertig die „photovisuellen", d. h. die mit Gelbfilter und gelbempfindlichen Platten erhaltenen. Den Unterschied zwischen photographischen und photovisuellen Helligkeiten, ausgedrückt in Größenklassen, bezeichnet man als Farbenindex. Dieser steht in engstem Zusammenhang mit dem Spektraltypus. Die frühesten Spektraltypen (B-Sterne) sind photographisch heller als visuell, die späteren umgekehrt visuell heller als photographisch. Die nachstehende Tabelle erläutert dieses näher; ihre Spalten geben an: 1. Farbenindex (photographische Größe — photovisuelle), 2. Spektraltyp (nach der neuen, internationalen Harvardklassifikation), 3. Vertreter der betr. Spektraltypen, 4. effektive Temperaturen nach den Potsdamer Bestimmungen von *Scheiner* und *Wilsing*.

Farbenindex	Spektrum	Typus	Temperatur
$-0{,}^{m}2$	B	Orionsterne	9600°
+0,2	A	Sirius	8700
+0,6	F	δ Aquilae	6300
+1,0	G	Sonne, Capella	5400
+1,4	K	Arktur	4000
+1,8	M	Beteigeuze	3200

Eine Spektralanalyse der Haufensterne ist wegen deren Schwäche vorab noch nicht möglich. In gewissen Grenzen kann sie aber ersetzt werden durch die Bestimmung der Farbenindizes, was in großem Umfange durch *H. Shapley* in den letzten Jahren auf dem Mount Wilson geschehen ist. Was die Milchstraßenhaufen anlangt, so enthalten hiernach z. B. und nach Arbeiten von *E. C. Pickering*:

die Plejaden meist A-Sterne,
die Präsepe meist B-Sterne,
M 11 meist A-Sterne, keine B-, wenig F- und G-Sterne,
M 67 meist F-G-Sterne, keine B-, nur 5 (von 240) A-Sterne.

Wir haben also ganz verschiedene Verhältnisse in den einzelnen Sternhaufen.

Die Zahl der Sterne eines Milchstraßenhaufens scheint nach den Untersuchungen *H. Shapleys* nicht besonders groß zu sein. Von den in einer bestimmten Fläche des Himmels, enthaltend den Sternhaufen und einen Teil seiner Umgebung, vorhandenen Sternen müssen nämlich soviel abgezogen werden, wie der durchschnittlichen Sterndichte in der weiteren Umgebung des Haufens entspricht; der Rest ist als der eigentliche Haufen, die lokale Milchstraßenkonzentration aufzufassen. *Shapley* findet so, daß M 67 und M 11 je aus etwa 200 Sternen bestehen (letzterer befindet sich in einem besonders dichten Teile der Milchstraße). Wenn es dereinst möglich sein wird, die Bewegungen der Sterne in diesen Haufen zu ermitteln, werden wir besser die zu dem Haufen gehörenden von den im Vorder- oder Hintergrunde stehenden Sternen unterscheiden können. Bekanntlich kennt die neuere Astronomie unter den Fixsternen Riesen und Zwerge, d. h. solche, die mehr als 100mal größer als unsere Sonne sind, und solche, die viel kleiner. So gehören z. B. zu unsern nächsten Nachbarn, in nahe gleicher Entfernung und Richtung Sirius und der „Pfeilstern" im Orion, der erste der hellste Fixstern unseres Himmels, der andere durch seine starke Eigenbewegung aufgefunden von *Barnard*, von der 10. Größe, d. h. etwa 20 000mal schwächer leuchtend als Sirius. Andere Riesen sind die meisten Orionsterne, Arktur, die Plejaden usw., während die meisten Sterne mit starker Eigenbewegung und meßbarer Entfernung zu den Zwergen gehören. Aus verschiedenen Gründen, deren Besprechung hier zu weit führen würde, kann man annehmen, daß die Milchstraßenhaufen im ganzen in der gleichen Entfernung von uns sind, wie die übrigen schwächeren Sterne der umliegenden Partien der Milchstraße. Die Haufen sind dann lokale Anhäufungen von Riesensternen, d. h. Sternen besonders hoher Leuchtkraft.

IV.

Die Milchstraßenhaufen sind, wenn auch in der Mitte ziemlich gedrängt, doch stets in einzelne Sterne völlig aufzulösen. Anders liegen die Verhältnisse bei dem dritten Typus, den *kugelförmigen Sternhaufen*. Von diesen gibt es nur eine beschränkte Zahl, etwa 80, die sich zudem nicht gleichmäßig über den Himmel oder die Milchstraße verteilen, sondern im wesentlichen in oder nicht weit von dem Sternbild des Schützen stehen. Diese Haufen sind außerordentlich stark nach der Mitte konzentriert, so daß ihr scheinbarer Durchmesser oft nur wenige Minuten beträgt (vgl. Fig. 3, den Sternhaufen M 5 in der Schlange nach einer Aufnahme der Lickstern-warte).

Bei einer nur einigermaßen starken Exposition sind die einzelnen Sterne des Kerns nicht mehr zu trennen. Die älteren optischen und photographischen Beobachtungen hatten vielfach in diesen Haufen „Nebelstreifen" und dergleichen gezeigt. Heute aber haben sich diese als die Lichteindrücke schwacher, nicht einzeln mehr zur Darstellung kommender Sterne herausgestellt. Die Zahl der Sterne in diesen Haufen ist eine außerordentlich hohe, z. B. erhielt man auf dem Mount Wilson mit dem 150-cm-Spiegel in dem Sternhaufen M 13 in dem Bilde des Herkules bei

1	Minute	Exposition	820 Sterne,
6	„	„	7 870 „ ,
37	„	„	18 000 „ ,
300	„	„	35 000 „ .

wobei die inneren Partien überhaupt nicht aus-

zählbar waren. Bei einstündiger Exposition erhält man mit mittleren Refraktoren (30 cm Öffnung) bei diesem und ähnlichen Objekten etwa 1000 bis 1200 Sterne.

Riesen und Zwerge haben wir auch in den kugelförmigen Haufen. Letztere sind, wie den obigen Ausführungen zu entnehmen ist, erst durch die neuen amerikanischen Aufnahmen bekannt geworden. Vermutlich enthalten diese Welten weitere ungezählte Tausende noch unbekannter Zwergsterne. Die Helligkeiten und Farbenindizes der Riesen, d. h. im wesentlichen der rund tausend hellen Sterne in den Haufen, sind ebenfalls durch *Shapley* erstmalig ermittelt worden,

Fig. 3. Kugelförmiger Sternhaufen M 5 in der Schlange.

wenigstens bei einzelnen dieser Objekte. Für die Zwerge war es noch nicht möglich. Er erhält so für den großen Herkuleshaufen, M 13, als durchschnittlichen Spektraltyp F_4, d. h. etwas früher als die Sonne; im Kern des Haufens scheinen mehr rötliche Sterne zu stehen. Die schwächsten Objekte, die vielleicht schon zu den Zwergen gehören, sind wohl meist von späterem Spektraltypus.

Charakteristisch für die kugelförmigen Haufen sind die zahlreichen Veränderlichen in ihnen. Aufgefunden wurden sie im wesentlichen durch *S. Bailey* von der Harvardsternwarte bei Boston. Im Gegensatz zu den Bedeckungsveränderlichen (Algol, β Lyrae usw.) und den Unregelmäßigen haben sie normalerweise konstantes Licht, das in regelmäßiger Periode schnell zunimmt, um dann langsam auf die alte Helligkeit zurückzugehen. Die Periode ist sehr kurz, meist weniger als ein Tag, bei einigen nur wenige Stunden. Der Prozentsatz dieser Sterne ist in den einzelnen Haufen sehr verschieden, z. B. bei

M 3 ist etwa jeder 7. Stern veränderlich,
ω Centauri 128 unter 3000 Sternen,
M 13 nur der eine oder andere.

In der Art ihres Lichtwechsels sind die „Clustervariablen" identisch mit den δ-Cephei-Sternen, deren wir bis heute einige 150 am ganzen Himmel kennen. Über die Ursache dieser Erscheinung wissen wir noch nichts Genaueres.

Vielleicht handelt es sich um junge Sterne, die in rascher Rotation begriffen, stark abgeplattet sind und dabei eine ungleiche Helligkeitsverteilung auf ihrer Oberfläche besitzen.

V.

Shapley hat nun auf verschiedenen Wegen versucht, die *Entfernungen der kugelförmigen Sternhaufen von uns* abzuschätzen. Er suchte Beziehungen zwischen ihrem scheinbaren Durchmesser, ihrer Gesamthelligkeit, der Helligkeit ihrer 25 größten Sterne u. a. und ihrer Entfernung. Eine dieser Methoden, Bestimmung der Entfernung durch die „Clustervariablen", sei nachstehend näher dargelegt, zugleich als Beispiel des Vorgehens der „statistischen Astronomie", unseres neuesten Hilfsmittels zur Erforschung des Weltalls.

Bekanntlich bewegt sich unser Sonnensystem mit rund 20 km/sek Geschwindigkeit durch das Universum etwa in Richtung auf das Sternbild des Herkules. Wenn alle Fixsterne zueinander ruhten, so würden sie doch infolgedessen, von uns aus gesehen, scheinbar ihre Stellung ändern. Diese parallaktische Eigenbewegung wird um so größer sein, je näher die Sterne uns stehen. Infolge seiner wirklichen Bewegung durch das All hat jeder Stern noch seine Spezialbewegung, die aber als zufällig verteilt im Mittel aus vielen Sternen herausfällt. Wir können so an Hand der „motus parallaktikus" die durchschnittlichen Entfernungen einzelner Sterngruppen von uns ermitteln. Unsere Meßbasis ist, anders ausgedrückt, nicht mehr die Entfernung Erde—Sonne, sondern die, im Laufe der Jahrzehnte immer größer werdende, von unserem Sonnensystem durchlaufene Strecke. Schon *Hertzsprung* hatte so gefunden, daß die δ-Cephei-Veränderlichen sehr weit von uns sind. Da sie verhältnismäßig hell von uns aus erscheinen, müssen sie absolut von sehr hoher Leuchtkraft sein. Bei einer Parallaxe von 0″,1, in der 2millionenfachen Entfernung Erde—Sonne (33 Lichtjahre) erscheint letztere als ein Stern 5. Größe, während sich für die Cepheiden -2^m ergibt, d. h. heller als uns jetzt Sirius ist. Diese Veränderlichen sind alles Riesensterne. In den Kugelhaufen sind sie nun

meist 15.—16. Größe. Nimmt man an, daß sie hier von gleicher absoluter Leuchtkraft sind, wie die uns näheren isolierten Cepheiden, so können wir hieraus einen Rückschluß auf die enormen Entfernungen der kugelförmigen Sternhaufen machen. Sie zählen nach Zehntausenden von Lichtjahren. — Auf die anderen statistischen Methoden *Shapleys,* die mit vorstehender gut harmonierende Ergebnisse bringen, kann ich hier nicht näher eingehen. Das folgende Bild (Fig. 4) des Sternhaufens M 3 in den Jagdhunden illustriert seine Resultate an einem bestimmten Beispiel. *Shapley* nimmt die Entfernung des Haufens von der Sonne zu 250 000 Billionen km = 30 000 Lichtjahren an. Der Durchmesser des Kreises entspricht dann 65 Lichtjahren, dem

Fig. 4. Zur Darstellung des Abstandes der kugelförmigen Sternhaufen von uns.

4millionenfachen der Entfernung Erde—Sonne. Der Abstand der Hyaden von uns, 130 Lichtjahre, wie oben besprochen, ist unten durch *Hy* markiert, wenn wir die Sonne in den Mittelpunkt des Kreises setzen. Der * nahe der Mitte entspricht dann dem Sirius.

VI.

Über die *Verteilung der Sterne in den Kugelhaufen* liegen bereits eine Reihe von Arbeiten vor. Auch hier müssen wir unterscheiden zwischen den älteren, die nur die Riesen betreffen (*Pikkering, von Zeipel, Strömgren* u. a.) und den neueren nach den Mount-Wilson-Platten.

Schon die ersten Abzählungen hatten ergeben, daß das Gesetz der Sternverteilung, die starke Zunahme nach der Mitte, kein einfaches ist. Hier kam wesentlich die kinetische Gastheorie zu Hilfe. Man faßte die Sterne in den kugelförmigen Haufen auf als einatomige Moleküle eines sich selbst überlassenen Gasballs, die nur ihren gegenseitigen Anziehungen gehorchen. Es fand sich, daß die Verteilung der Sterne nahe dem adiabatischen Gleichgewichtszustand einer Gaskugel entsprach. Die vielen Clustervariabelen deuten vielleicht darauf hin, daß die Theorie für ein Gemisch aus ein- und mehratomigen Gasen erweitert werden muß. Die bisherigen Abzählungen betrafen nur die Riesen. Seit 1917 haben wir für eine Anzahl Kugelhaufen auch solche für die Zwerge. Das Bild der Haufen wurde dabei durch ein Gitternetz in rund 2500 kleine Quadrate geteilt und die in jedem vorhandenen Sterne notiert. Bis zu 35 000 Sterne in einzelnen dieser Haufen, insgesamt an die 500 000, wurden so auf dem Mount Wilson ausgezählt. Bei fast allen Haufen ergab sich dabei eine deutliche Unsymmetrie in der Sternverteilung, die Haufen sind Ellipsoide, nicht Kugeln. Eigenartigerweise scheinen die Riesen diese Verteilung nicht mitzumachen. Um dieses sicherer festzustellen, müssen für die Riesen statt der rohen Quadrateinteilung genaue Örter (und Größen) vorliegen. Die mühevollen Bonner Ausmessungen können dies hoffentlich leisten. Vielleicht gelingt es einer weitgehenden Änderung der Theorie von den Gaskugeln, diesen neuen Beobachtungsergebnissen gerecht zu werden und uns so das Wesen dieser Welten näher zu bringen.

VII.

In den Kugelhaufen ist die Sterndichtigkeit eine außerordentlich viel höhere als im Weltall im allgemeinen. Sie stellen Systeme dar, von deren Werden und Vergehen wir noch keine Kenntnis haben. Immerhin scheint sich allmählich der Schleier zu lüften, der bisher über diesen Himmelskörpern und schließlich über dem Bau des Universums im ganzen lag. Wie sich das Bild dieses im Anschluß an die Forschungen über die Sternhaufen heute darstellt, möchte ich in einem anderen Aufsatze besprechen. In einer *Schlußtabelle* seien nochmals *die vorliegenden Ergebnisse* zusammengestellt. Sie enthält die Entfernungen einer Reihe charakteristischer Bewegungs-, Milchstraßen- und kugelförmiger Haufen. Die Angaben zu den 4 ersten Objekten werden wohl der Größenordnung nach richtig sein, die übrigen kleineren sind nur um einige Prozent unsicher. Den Schluß bilden als Vergleich einige Angaben aus unserem Sonnensystem. — Die Einheit der 2. Spalte sind Sternweiten (1. Sternweite = 206 265 × Entfernung Erde — Sonne = 3,26 Lichtjahre) bzw. km. Die 3. Spalte gibt die Zeit an, die das Licht zum Zurücklegen dieser Strecke braucht. Zur weiteren Veranschaulichung der kosmischen Verhältnisse ist in der 4. Spalte alles auf den Maßstab Entfernung Erde—Sonne = 1 mm reduziert worden (d. h. 1 : 150 000 000 000 000).

A. Weltall.

Objekt	Entfernung in Sternweiten	in Lichtjahren	red. Maß km
Weitester Kugelhaufen (N. G. C. 7006)	67 000	218 000	13 000
Nächster Kugelhaufen (ω Centauri)	6500	21 200	1 300
Durchmesser von M 3	150	500	30
Entfernung von M 37 (Milchstraßenhaufen)	4000	13 000	800
Hyaden (Bewegungshaufen)	40	130	4
Sirius	2,8	9	0,56
α Centauri	1,2	4,3	0,26

B. Sonnensystem.

Objekt	Entfernung in km	in Lichtzeit	red. Maß
1. Entfernungen:			
Sonne—Erde	150 Mill.	8 Minuten	1 mm
Sonne—Neptun	4500 „	4 Stunden	30 „
Erde—Mond	384 000	1 Sekunde	0,0026 „ = 2,6 μ
2. Größen:			
Sonne	1 400 000		9 μ
Jupiter	140 000		0,9 „
Erde	13 000		0,09 „ = 90 μμ

Besprechungen.

Göbel, K., Die Entfaltungsbewegungen der Pflanzen und deren teleologische Deutung. Ergänzungsband zur „Organographie der Pflanzen". Herausgegeben mit Unterstützung der Alb.-Samson-Stiftung bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Jena, G. Fischer, 1920. 483 S. und 239 Abb. im Text. Preis M. 40,—.

Als Entfaltungsbewegungen faßt Verfasser eine sehr große Reihe vitaler Bewegungsvorgänge zusammen: er behandelt in seinem Buche alle diejenigen, durch welche ein jugendliches Organ oder ein noch unentwickeltes Organsystem seine Teile in die endgültige Richtung bringt, die das ausgewachsene Gebilde kennzeichnet — und die wiederholt in gleicher Weise sich abspielenden Faltungs- und Entfaltungsbewegungen der zu nyktinastischen, seismonastischen und ähnlichen Krümmungen befähigten Organe.

Bei der Frage nach der Mechanik der Bewegungen findet Verfasser (2. Abschnitt), daß sie passiv oder aktiv vor sich gehen, daß es sich bei ihnen um Wachstums- wie um Schwellungsbewegungen handeln kann. Auch bei den „Gelenken" unterscheidet Verfasser zwischen passiven und aktiven. Ihre Besprechung führt zu der der „Gelenkknoten" der Dikotyledonen und Monokotyledonen; neben den allbekannten Blattscheidengelenken der Gräser kommen die (an der Basis der Spreiten liegenden) Spreitengelenke zur Sprache. Schwellkörper, deren bekannteste die Lodiculae der Grasblüte sind, haben, wie Verfasser zeigt, eine weite Verbreitung im Pflanzenreich und sind an vegetativen Organen und in der Blütenregion zu finden.

Entfaltungsbewegungen sind an vegetativen und blühenden Sprossen sowie an Blättern zu beobachten (3. und 4. Kapitel). An zahlreichen Abbildungen werden die Mutationen vegetativer Sproßspitzen und vieler Infloreszenzen und die Krümmungen, welche vor oder nach der Anthese die Stiele vieler Blüten ausführen, vom Verfasser erläutert; *Drosera* entrollt spiralig eingewickelte Infloreszenzen. In dem den Entfaltungsbewegungen der Blätter gewidmeten Kapitel wird von der Epinastie und Hyponastie, der Entwicklung spiralig eingerollter Blätter, der Vertikalstellung vieler Spreiten u. a. gesprochen.

Hatte die Behandlung der schraubigen Krümmungen, die Verfasser für Allium, Cyclamen und Vallisneria eingehend schildert, bereits zur Lehre von asymmetrischen Pflanzengebilden geführt, so gibt er im 5. Kapitel seines Buches eine ausführliche „Morphologie des Asymmetrischen", welche die weite Verbreitung asymmetrischer Organe oder Organsysteme, deren charakteristische Bauverhältnisse durch Drehwuchs oder „Entfaltungsdrehungen" zustande kommen, durch Schilderung sehr zahlreicher schraubig gedrehter Thallophyten, Moose und Farne, der verschiedensten Drehblätter, Drehblüten und Drehfrüchte dartut.

Die Resupination der Blüten wird (6. Kapitel) für die Orchideen und viele dikotyle Familien geschildert. Früchte, welche eine Resupination oder Entfaltungsdrehung ausführen, findet Verfasser z. B. bei Colutea arborescens. —

Eine neue Betrachtungsweise der Entfaltungsbewegungen bringt das mit ihrer Reihenfolge sich beschäftigende 7. Kapitel. Diese folgt nicht immer der Reihenfolge der Organanlage. Die Entfaltungsfolge gleichnamiger Organe wirft oftmals Licht auf die „Kryptodorsiventralität" mancher Blüten, d. h. diejenige Art der Dorsiventralität, die nicht an morphologischen Unterschieden zweier irgendwie liegenden Blütenhälften zu erkennen ist, sondern aus entwicklungsgeschichtlichen oder anderen Indizien erschlossen werden muß.

Der achte Abschnitt behandelt die Schnellbewegungen der Blütenorgane, die Reizreaktionen von Berberis, den Zynareen usw., die Narbenbewegungen u. v. a. Wichtige neue Beiträge zur Lehre von den reizbaren Blütenteilen bringen des Verfassers Mitteilungen über seismonastische Bewegungen von Bellis, Taraxacum, Gentiana.

Das die Sensitiven behandelnde Kapitel spricht über Mimosa, Desmodium, über Drosera, über Euphorbiaceen (Phyllanthus), Biophytum und andere empfindliche Oxalideen (Averrhoea, Oxalis); der Schlußabschnitt ist den Schlafbewegungen der vegetativen Organe und der Blüten gewidmet. —

Noch mehr als die Fülle seines Inhalts zeichnet das Buch die Vielseitigkeit der Gesichtspunkte aus, welche der Verfasser seinem Thema abgewinnt: vergleichende Morphologie, Entwicklungsgeschichte, Reizphysiologie und Anatomie spielen in dem Buche ihre gleich wichtige Rolle; hierzu kommen das Interesse des Verfassers an der Geschichte seiner Wissenschaft, das er mit großem Geschick zu Worte kommen läßt, und vor allem die Ausführlichkeit, mit der er auf die schon im Titel des Buchs genannten „teleologischen Deutungen" seiner Phänomene eingeht. Die Erklärungen, welche frühere Autoren den Ent-

faltungsbewegungen gegeben haben, werden eingehend und kritisch erwogen, neue Deutungen vorgeschlagen, die Unzulässigkeit irgendwelcher Zweckmäßigkeitsdeutung für viele Fälle konstatiert. Besonders wertvoll und beherzigenswert sind die allgemeinen Betrachtungen über teleologische Deutungen, mit welchen Verfasser sein Buch einleitet. *E. Küster, Bonn.*

Koppel, J., Die Metalle und ihre Verbindungen Sammlung Göschen, 3 Bde. Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, 1920. I. 144, II. 133, III. 141 S. Preis des Bandes M. 2,10 + 100 % Teuerungszuschlag.

Die Sammlung Göschen spielt unter der im höheren Sinne volkstümlichen wissenschaftlichen Literatur Deutschlands eine nicht zu unterschätzende Rolle. Seit langer Zeit haben viele Tausende aus ihren Bändchen Anregung und Kenntnisse auf den verschiedensten Wissensgebieten geschöpft, und der Gedanke, Wissenschaft in die weitesten Kreise zu tragen, ist dadurch auf das glücklichste verwirklicht worden, daß sich die besten Kräfte vereinigten, um in kurzgefaßter und möglichst klarer Darstellung leichtfaßliche Anleitungen zu geben, die auch dem unvorbereiteten Leser ein Eindringen in den Stoff ermöglichen.

Die drei neuesten Bändchen, von Prof. *J. Koppel* (Berlin) verfaßt, behandeln die Metalle und ihre Verbindungen und bilden den zweiten Teil eines kleinen Lehrbuches der anorganischen Chemie, deren erster Teil, die Chemie der Metalloide, noch aussteht. Der Gesamteindruck des Buches ist ein vorzüglicher. Man hat die Empfindung, daß hier aus der Fülle gespendet wird, aber mit sorgfältiger Abwägung des Stoffes und mit dem erfolgreichen Bestreben, Klarheit und Einfachheit über alles zu stellen. Die Darstellung ist, dem Zwecke des Buches entsprechend, wohl elementar, aber keineswegs nüchtern und schulmäßig, sondern durchaus von wissenschaftlichem Geiste getragen, dem Stande der Wissenschaft entsprechend und überall anregend und lebendig. Dabei beschränkt sich das kleine Werk durchaus nicht auf die Vermittlung des landläufigen Materials, etwa im Sinne eines „Repetitoriums", sondern es liefert ein wohl abgerundetes Bild des Gesamtverhaltens der Metalle. Daß auch die sogenannten selteneren Elemente die ihnen gebührende Berücksichtigung gefunden haben, ist besonders erwähnenswert. Ebenso erfreulich ist es, daß die gesicherten Lehren der allgemeinen und physikalischen Chemie nicht, wie vielfach üblich, als Ornamente, sondern als Konstruktionsglieder des Lehrgebäudes verwertet worden sind. Insbesondere ist mit Erfolg die Gleichgewichtslehre in den Gang der Darstellung organisch eingefügt worden. Eine sorgfältige und kritische Wiedergabe der physikalischen und chemischen Konstanten ist für den Benutzer des Buches besonders wertvoll. Es sei ferner erwähnt, daß, im Gegensatz zu der in Lehrbüchern meist üblichen Disposition, bei den einzelnen Metallen die Valenzstufen voneinander getrennt, jede für sich behandelt werden, was den Überblick über den Charakter der Elemente wesentlich erleichtert. Es fehlt schließlich auch nicht an kurzen zusammenfassenden Besprechungen der einzelnen Gruppen verwandter Metalle, kurz, es werden nicht nur Einzeltatsachen vermittelt, sondern durch vergleichende Betrachtung, durch glückliche Verflechtung von Experiment und Theorie wird ein harmonisches Gesamtbild von großer Schärfe und eindringlicher didaktischer Wirkung gewonnen. Solche Vorzüge kommen besonders da zur Geltung, wo es sich um die Erörterung schwierigerer Fragen handelt, wie etwa bei der Behandlung des elektrolytischen Potentials, des Zustandsdiagramms des Eisens oder bei der Besprechung der Ionisations-Isomerie der Chromsalze und der komplexen Chromammine.

Möge dieser Hinweis mit dazu beitragen, der sehr gelungenen Arbeit weiteste Verbreitung zu verschaffen; sie wird nicht zuletzt auch dem Studierenden von Nutzen sein, der hier alles findet, was ihm als Grundlage für ein eingehenderes Studium der Metalle dienen kann. — Nicht unerwähnt soll schließlich die für die heutigen Zeitverhältnisse erfreulich gute Ausstattung der Bändchen bleiben, die wir dem Verlage verdanken, ebenso ihr immer noch verhältnismäßig niedriger Preis, der die Anschaffung auch den allzuvielen ermöglicht, die schon längst auf eine Bereicherung ihrer Bibliothek verzichten mußten.

R. J. Meyer, Berlin.

Zuschriften an die Herausgeber.

Über die Ursachen der periodischen Erscheinungen bei der Elektrolyse von Chromsäure und über die Abscheidung metallischen Chroms.

Bei der Elektrolyse von Chromsäure mit Eisenelektroden lassen sich periodische Erscheinungen beobachten, die in einer selbsttätigen Änderung der Badspannung und Stromstärke bestehen; sie wurden bisher als dem Eisen charakteristische Passivitätserscheinungen gedeutet. Eine nähere Untersuchung der Erscheinungen hat ergeben, daß sie sich auch bei Platinelektroden zeigen, also vom Elektrodenmaterial unabhängig sind. Ihre Ursache ist vielmehr darin zu erblicken, daß an der Kathode mit steigender Stromstärke stufenweis Reduktionsvorgänge auftreten, die den einzelnen Wertigkeitsstufen des Chroms entsprechen, wobei sich die Reduktionsprodukte in dünnen Schichten auf der Kathode abscheiden. Die Sprünge von einem stromliefernden Vorgang zum anderen und rückwärts, d. h. die periodischen Erscheinungen finden ihre Erklärung vermutlich in Übersättigungserscheinungen im Elektrolyten in unmittelbarer Nähe der Kathode bzw. den kathodischen Abscheidungsschichten. Die Stabilität der Perioden scheint dabei durch den kolloïdalen Charakter der Abscheidungsprodukte unterstützt zu werden.

Die bei der Elektrolyse der Chromsäure herrschenden Verhältnisse machen es verständlich, warum metallisches Chrom erst bei sehr hohen Stromdichten kathodisch abgeschieden werden kann. Die Reduktionsvorgänge, die schrittweise in einer Reduzierung der Chromsäure an der Kathode bis zum 2wertigen Oxyd herab bestehen, lassen es vorerst zur Abscheidung des Metalles nicht kommen. Erst wenn die Wasserstoffentwickelung eine genügende ist, um das 2wertige Oxyd weiter zu reduzieren, scheidet sich metallisches Chrom ab. Die erforderliche hohe Stromdichte bringt es mit sich, daß das abgeschiedene Metall sich pulverförmig und nur in dünnen Schichten absetzt. Elektrolyte, die statt aus reiner Chromsäure aus den kathodisch abgeschiedenen Oxyden des Chroms hergestellt werden, zeigen im Gegensatz zu der Chromsäure keine periodischen Erscheinungen und geben daher eine Metallabscheidung schon bei ge-

ringeren Stromdichten; das abgeschiedene Chrom ist dabei fest, haftet auf der Unterlage und ist um so blanker, je geringer die Stromdichte ist, bei der es abgeschieden werden konnte. Gleichwertige Elektrolyte können auch auf chemischem Wege hergestellt werden, während eine längere elektrolytische Behandlung der Chromsäure selbst mit hoher Stromdichte nicht genügt, um die bei geringen Stromdichten charakteristischen Potentialsprünge der Chromsäure zu vermeiden.

Eine ausführliche Veröffentlichung wird in der Zeitschrift für Elektrochemie erfolgen.

Berlin, Physikal. Institut d. Universität, Juli 1920.

E. Liebreich.

Physiologische Mitteilungen.

(Aus den Berichten über die gesamte Physiologie.)

Eine Gesundheitsstatistik der männlichen Bevölkerung in England. (Brit. med. journ. Nr. 3088, S. 331 bis 335. 1920.) Auch in militärärztlicher Hinsicht stand man in England vor durchaus neuen Aufgaben, als im Laufe des Krieges die allgemeine Dienstpflicht eingeführt wurde. Die Musterungen waren daher auch im Anfang völlig unzureichend und erst allmählich entwickelte sich die Organisation des Musterungsgeschäfts, das eigentlich erst im Jahre 1918 in vollem Umfange funktionierte. Die Zentrale des ärztlichen Musterungsdienstes hat nun in einem ersten von zwei Bänden eine Fülle von Material zur Aushebungsstatistik veröffentlicht, das um so wertvoller ist, als bisher eine ähnliche, den körperlichen Zustand der gesamten männlichen Bevölkerung darstellende Statistik in England nicht existierte. Gegenstand der Untersuchung waren im Jahr 1918 in erster Linie die neu einzustellende Jugend von 18 Jahren, dazu die bisher Reklamierten und die älteren bisher zurückgestellten Leute. Die Resultate können daher als Durchschnittsergebnis für die gesamte männliche Bevölkerung aller Altersklassen betrachtet werden. Dadurch, daß die einzelnen provinzialen Aushebungskommissionen jede für sich und jede wieder mit besonderen Zielen und Gesichtspunkten ihr Material gesammelt und gesichtet haben, ist eine ganze Reihe wichtiger Einzelfragen bearbeitet worden. Aus der allgemeinen Übersicht ergibt sich, daß bei einer Einteilung in 4 Tauglichkeitsgrade lediglich 36 % der männlichen Bevölkerung als vollkommen felddiensttauglich zum ersten Grade geschrieben werden konnten, 22,5 % zum zweiten, 31,3 % zum dritten und 10,2 % zum vierten Grade (völlig untauglich). Nach einer dem Bericht beigegebenen Berechnung von Prof. *Arthur Keith* müßten in einer als normal zu betrachtenden Volksgemeinschaft die Zahlen lauten: 70 % Grad I, 20 % Grad II, 7,5 % Grad III, 2,5 % Grad IV. Derselbe Gelehrte hat auch nach einer bestimmten Methode einen Index für den Gesundheitsstand berechnet. Dieser sollte für den Durchschnitt einer normalen Gruppe 89,3 betragen. Der tatsächlich gefundene ist für das gesamte großbritannische Aushebungsgebiet 70,9. Am niedrigsten ist der Index in London und im südöstlichen England mit 66,7, am höchsten in Wales mit 76,3. Bei der Betrachtung des Verhältnisses von Tauglichkeit zum Beruf ergeben sich die günstigsten Zahlen für die Bergleute und die Landwirte; die Keithsche Zahl entspricht hier nahezu dem Optimum. Bei den Schneidern sind die Zahlen besonders schlecht. Bei einer allgemeinen Übersicht über die Ursachen mangelnder Tauglichkeit fällt der schlechte Gesundheitszustand der Jugendlichen von 18 Jahren besonders auf. Es sind hier doppelt soviel vollkommen untauglich als nach dem Keithschen Standard vorhanden sein sollten. Bei dem Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen Bezirke tritt der Zusammenhang zwischen mangelnder Tauglichkeit und ungünstigen hygienischen Verhältnissen, besonders schlechten Wohnverhältnissen, deutlich zutage. Hier liegen lehrreiche, vergleichende Untersuchungen über die verschiedenen Bezirke Londons vor. Bedenklich muß es erscheinen, daß sich gerade Friseure, Masseure und Badeangestellte durch besonders hohe Kränklichkeit herausheben. Über die Verbreitung der venerischen Krankheiten können die Erhebungen bei der Musterung kein klares Bild geben, da die Tauglichkeit von den gewöhnlichen Graden dieser Erkrankungen nicht wesentlich beeinflußt wird. Von sonstigen vor der Aushebung erworbenen Fehlern und Erkrankungen weisen die Fußverbildungen und die Zahnerkrankungen besonders hohe Ziffern auf. Die mit großem Fleiß in den provinzialen Kommissionen ausgeführten Einzeluntersuchungen bieten noch sehr viel wertvolles Material, besonders auch zur Frage der Berufsschädlichkeiten. Die Zahlen für den Gesundheitszustand sind besonders in den industriereichen Bezirken teilweise außerordentlich ungünstige. Sowohl in Schottland wie in Wales fällt der sehr gute Gesundheitszustand der Bergleute auf. Die hier kurz wiedergegebene Besprechung des offiziellen Werkes läßt jedenfalls erkennen, daß es sich um einen sehr wichtigen und an Aufschlüssen reichen Beitrag zur Gesundheitsstatistik handelt.

Riesser, Frankfurt a. M.

Der Nahrungstrieb des Menschen. (*Max Rubner.* Sitzungsber. der Preuß. Akad. d. Wiss., Berlin, Jg. 1920, 9. 10. 11., S. 341—364. 1920.) Der Nahrungstrieb eines Volkes läßt sich auf dreierlei Weise bestimmen. Für das deutsche Volk ergeben empirische Feststellungen bei freier Nahrungswahl 85 g E. (Eiweiß) und 2417 Kal. auf Kopf (49—45 kg) und Tag (physiolog. Wert); die Konsumptionsstatistik von Familien ergibt 89 E. und 2827 Kal., die Feststellungen der Produktion und Handelsstatistik 81 E. und 2770 Kal. Nach der 3. Weise berechnet beträgt der nationale Verbrauch in Italien 88 E., 58 F. (Fett), 2612 Kal., Rußland 79 E., 43 F., 2666 Kal., Österreich 81 E., 57 F., 2825 Kal., Frankreich 88 E., 67 F., 2973 Kal., England 90 E., 105 F., 2997 Kal., Nordamerika 89 E., 127 F. (?), 3308 Kal., im Mittel ohne Amerika, dessen Fettverbrauch zweifellos zu hoch angegeben ist, 84 E., 65 F., 2807 Kal., davon 12,1 % aus E.; damit übereinstimmend Japan, aufgerechnet auf das Gewicht der Europäer 81 E., 2583 Kal., davon 12,3 % aus E. Die Gleichheit der Kal.-Zahlen bei allen Nationen kann nicht Zufall sein, ist vielmehr der Ausdruck einer wahrscheinlich optimalen Grenze für Dauerleistungen. Im Gegensatz zur herrschenden Meinung zeigt auch der hohe Eiweißverbrauch (79—90 g) keine Rasseneigentümlichkeit. Dagegen bestehen Unterschiede in dem gegenseitigen Mengenverhältnis, in dem die einzelnen Nahrungsmittel bei den verschiedenen Völkern herangezogen werden. Dieses ist für Italien, Frankreich, Deutschland und England im einzelnen durchgerechnet. Im Gegensatz zur japanischen Kostform dürfen die europäischen nicht mehr als bodenständig bezeichnet werden, sie werden weniger durch die Bodenverhältnisse als durch die Verteilung der Bevölkerung zwischen Stadt und Land bestimmt, wobei immer und überall die Städte die konzentrierten Nährstoffe Fett und Zucker sowie die Animalien,

vorwiegend das Fleisch, bevorzugen. Der überraschend hohe Eiweißverbrauch (das 4,5fache des physiol. Minimums) wird im Rahmen des Ruhestoffwechsels bei verschiedenen Altersklassen betrachtet. Hier wird der Ruheumsatz zu 26—75 % vom Eiweiß bestritten; eine derartige Ernährungsweise während der Ruhezeit paßt zu der fettarmen Konstitution des Arbeiters, die er zu seiner vollen Leistungsfähigkeit braucht. Muskelarbeit und Eiweißreichtum der Kost hängen also doch zusammen, aber sekundär. Weil der Körper Fett abgegeben hat, mager ist und viel Zellmasse enthält, braucht er das Eiweiß. Der Nahrungstrieb reguliert also nicht nur Menge und Art der Kost bei gegebenem Körperzustand, sondern er sucht auch einen solchen Körperzustand herbeizuführen, der zu der Arbeitsweise des Menschen am besten paßt.

K. Thomas, Berlin.

Die Darstellung eines beständigen Vitaminpräparats und sein Wert bei der Ernährung. (*H. E. Dubin and M. J. Lewi*, Americ. journ. of the med. sciences Bd. *157*, Nr. 2, S. 264—286. 1920.) Aus Mais, autolysierter Hefe und Apfelsinensaft wird auf nicht näher angegebene Weise, zuletzt durch Eintrocknen im Vakuum bei niedriger Temperatur ein Präparat hergestellt, das entsprechend den Ausgangsstoffen zugleich antineuritisches, antirachitisches und antiskorbutisches Vitamin enthält. Das Präparat stellt ein grauweißes trockenes, nahezu geruchloses, leicht gesüßtes Pulver dar, das sich in Wasser und organischen Säuren wenig, besser in verdünnten Mineralsäuren und in Magensaft, ziemlich vollständig in konzentrierten Mineralsäuren löst. Neben etwa 50 % Phytin enthält das Gemisch 10 % CaO, 15 % P_2O_5, 3,5 % N, 0,3 % Fe, 5,6 % Silicate, 2,5 % Fett und 10 % Wasser. Das Vorhandensein von Vitaminen wurde durch den Tierversuch nachgewiesen: Tauben, die neben geschliffenem Reis jeden anderen Tag 1 g des Präparats bekamen, blieben frei von Polyneuritis und behielten ihr Körpergewicht oder nahmen zu. Meerschweinchen sind bei einer Kost von Heu, Hafer und überhitzter Milch unter Zugabe des Präparats 44—55 Tage frei von skorbutartigen Erscheinungen geblieben (noch zu veröffentlichende Versuche). Die antirachitische Wirkung wurde im Tierversuch nicht geprüft. Mit dem Präparat wurden klinische Versuche an unterernährten, atrophischen und rachitischen Kindern angestellt. In einer ersten Versuchsreihe erhielten 4 Kinder im Alter von 10—19 Monaten nach einer Vorperiode von 3 Wochen zu einer während des ganzen Versuchs gleichen gemischten Kost 4 Wochen lang täglich 1 g des Präparats zugelegt; daran schloß sich eine Nachperiode von 3 Wochen. In allen 4 Fällen war die Zunahme des Körpergewichts in der Hauptperiode größer als in der Vorperiode; in der Nachperiode nahmen 2 Kinder weiter an Gewicht zu, die beiden anderen ab. Die Kalkretention wurde in der Hauptperiode geringer und nahm in der Nachperiode noch weiter ab; nur in einem Fall (Rachitis) trat auf das Vitaminpräparat eine Steigerung der Kalkretention ein, die in der Nachperiode besonders deutlich wurde. Die Veränderung im Phosphorstoffwechsel war gering: im allgemeinen Abnahme der Retention, nur in einem Teil eine geringe Zunahme. Auffällig ist das Verhalten des Stickstoffs: In allen Fällen wurde unter Vitaminfütterung erheblich weniger Stickstoff zurückgehalten als in der Vorperiode. Die Verfasser erklären diese Erscheinung damit, daß sie annehmen, vorher, im Zustand schwerer Unterernährung habe starker Stickstoffhunger bestanden, der durch die Hebung des Ernährungszustandes infolge der Vitamindarreichung beseitigt worden sei. In einer zweiten Versuchsreihe wurden nur die Veränderungen des Körpergewichts unter Aufnahme des Vitaminpräparats verfolgt. 5 Kinder im Alter von 4½—11 Monaten erhielten zu ihrer, im wesentlichen aus Milch und Gerstenschleim bestehenden Kost 1, später 2 g des Präparats; 5 andere Kinder im selben Alter und etwa demselben Zustand dienten als Kontrolle. Auch hier zeigte sich eine vermehrte Körpergewichtszunahme gegenüber der Vorperiode und namentlich auch gegenüber den ohne Vitaminzusatz aufgezogenen Kindern.

Wieland, Freiburg i. B.

Eine chemische Studie über das Blut verschiedener Wirbelloser. (*Rollin G. Myers*, Journ. of biol. chem. Bd. *41*, Nr. 1, S. 119—135. 1920.) In allgemeiner Zusammenfassung läßt sich folgendes sagen. Der osmotische Druck des Blutes der untersuchten Tiere ist dem des Meerwassers gleich. Das ist dasselbe Verhalten wie bei den Elasmobranchiern (Hai und Rochen). Der Hauptanteil dieses Druckes wird aber nicht, wie bei diesen Fischen, durch Harnstoff, sondern durch den reichlichen Gehalt des Blutes an Salzen bedingt. Der Eiweißgehalt ist ein sehr niedriger und jedenfalls die Ursache einer niedrigen Viskosität. Bei etwas höherem Eiweißgehalt und entsprechend höherer Viskosität des Blutes bei Mollusken, und vor allem bei den Crustaceen, ist auch deren Gefäßsystem höher entwickelt. Der Harnstoffgehalt ist relativ niedrig, doch ist sein Durchschnittswert immer noch höher als der bei manchen See- und Süßwasserfischen. Der Gehalt an Ammoniak, präformiertem Kreatinin und Kreatin erwies sich im allgemeinen als niedriger als im Blut von Fischen der Wirbeltierreihe und Säugern. Der Amidosäure-Stickstoff macht anscheinend den Hauptanteil des Nichteiweiß-Stickstoffes aus. Zucker fand sich in allen Blutarten, und zwar in recht erheblicher Menge; gegenüber anderen Tierklassen sind die Unterschiede nicht wesentlich. Cholesterin wurde in sehr kleiner Menge gefunden; sie ist weit geringer als beim Menschen. In der Mehrzahl der untersuchten Blutproben wurden qualitativ Tyrosin, Cystin und in besonders großer Menge Tryptophan nachgewiesen.

Riesser, Frankfurt a. M.

Eine chemische Studie über Walfischblut. (*Rollin G. Myers*, Journ. of biol. chem. Bd. *41*, Nr. 1, S. 137—143. 1920.) Mit denselben Methoden wie in der Arbeit über die Blutbestandteile bei Wirbellosen wurde das Blut von Walfischen, und zwar von einem Buckelwal und von einem Pottwal untersucht. Schwierigkeiten in der Anwendung der Methodik ergaben sich nicht. Bei der Cholesterinreaktion nach *Liebermann-Burchard* trat auch hier die rötliche Tönung auf. Es ergaben sich sehr ausgeprägte Unterschiede in der Blutzusammensetzung der beiden Walarten, deren Zusammenhang mit der Lebensweise oder sonstigen Eigenschaften der Tiere nicht ersichtlich ist. Der Eiweißgehalt des Blutes ist beim Pottwal etwa gleich dem des menschlichen Blutes (21 mg in 100 ccm), während er beim Buckelwal weniger als ⅔ so groß ist. Aber auch bezüglich der anderen Bestandteile sind merkliche Unterschiede für beide Arten festzustellen. Der osmotische Druck des Blutes beim Pottwal = 0,7, beim Buckelwal = 0,8—0,9 ist zweifellos höher als bei anderen Säugern und doch geringer als bei den Elasmobranchiern und den Wirbellosen. Der Gehalt an Harnstoff, für beide Arten derselbe, ist für Säugetiere hoch zu nennen, ebenso der prozentische Anteil des Harnstoffs am Nichteiweiß-Stickstoff. Wirbellose, See- und Süßwasserfische haben einen geringeren Harnstoffgehalt des

Blutes mit alleiniger Ausnahme der Elasmobranchier, deren Blut noch reicher daran ist. Der Gehalt des Blutes an Amidosäure-Stickstoff, an Ammoniak-Stickstoff, an Kreatinin und Kreatin ist bei den Walen im allgemeinen höher als bei den anderen Säugern, bei Wirbellosen und Fischen. Der Harnsäuregehalt liegt nahe bei dem von Vogel- oder Reptilienblut. Von Zucker enthält besonders das Buckelwalblut auffallend viel im Vergleich zum Menschenblut (400 mg in 100 ccm), während die Mengen im Blut des Pottwals mit denen des Menschenblutes übereinstimmen. Die Cholesterinzahlen sind denen des menschlichen Blutes ähnlich (42—65 mg in 100 ccm). Die Menge der anorganischen Bestandteile ist von derselben Größenordnung wie beim Menschen und beeinflußt daher den osmotischen Druck des Blutes in weit geringerem Maße, als es der erheblich höhere Mineralgehalt des Blutes der Wirbellosen tut. Die Menge des Gesamttrockenrückstandes und das spezifische Gewicht des Blutes der Wale ist von den entsprechenden Werten beim Menschen verschieden. Das spezifische Gewicht ist höher (1,038 beim Buckelwal, 1,067 beim Pottwal) als beim Menschen. *Riesser, Frankfurt a. M.*

Über die Beleuchtung der Gruben mit Bezug auf das Augenzittern der Bergleute. (*T. Lister Llewellyn* and *H. S. Elworthy,* Brit. journ. of ophthalmol. Bd. *4*, Nr. 4, S. 155—190. 1920.) Das Problem ist verwickelt durch die Anwesenheit von Schlagwettern, die die Ölsicherheitslampe für die Prüfung erfordern, durch den rohen Gebrauch seitens des Arbeiters, der eine kräftige Konstruktion verlangt, und die Gefahr des Falls aus dem Hangenden, der alle Strahlen nach oben abzuschneiden zwingt. Die Talgkerze ist die beste Beleuchtung; sie gibt bis zu 2 Kerzenstärken, während die moderne Ölsicherheitslampe nur selten ½, die elektrische Lampe für 8 Stunden 1 Kerzenstärke liefert. 86—97 % des einfallenden Lichtes werden von der Kohle verschluckt. Mit sinkendem Sauerstoffgehalt und bei Anwesenheit von Feuchtigkeit nimmt das Licht der Sicherheitslampe bis zu 60 % ab. Unter den günstigsten Bedingungen ergab sich an der Kohle im allgemeinen bei der Hailwood Combination Oil Lamp eine Beleuchtung von 0,017 Fußkerze, bei der Oldham Electric Lamp eine solche von 0,045; an der Arbeitsstelle selbst betrugen die Zahlen 0,075 bzw. 0,113. Die Folgen der Arbeit bei schlechter Beleuchtung bestehen in Verminderung des Sehens, besonders nachts und morgens. Von 1121 Augenzitterern hatten nur 103 eine Sehschärfe von 6/6. Auch helles Licht wird schlecht vertragen. Sind die Augenzuckungen zurückzuführen auf die unvollkommene Fixation oder die Ermüdung der okulomotorischen Zentren? In schwachem Licht ist die Netzhautperipherie empfindlicher als die Fovea. In einem Umkreis von 10 ° um die Fovea ist ein Punkt so gut wie der andere, woraus die Neigung zu einer zirkulären oder radförmigen Bewegung der Augen entstehen könnte. Nystagmus ist häufiger im Winter und bei Menschen mit hellen Haaren und Augen. Der Glanz des Lichtes belästigt den Augenzitterer. Ist das gelbe Licht der Kerze oder Sicherheitslampe ruhiger für die Augen als das harte elektrische Licht? Welche Wirkung würde ein gefärbter Schirm vor der elektrischen Lampe haben? Die Augenzitterer beklagen sich über den Glanz der elektrischen Lampe. Aber es ist Tatsache, daß Leute, die mit der Öllampe nicht mehr arbeiten konnten, mit der elektrischen Lampe die Arbeit fortsetzten. Der Hauptfaktor in der Erzeugung des Augenzitterns der Bergleute ist die schlechte Grubenbeleuchtung. Durch Verbesserung derselben wird die Zahl der Unfälle, der Schaden für die Augen und die Gesundheit vermindert und die Förderung vermehrt. Bei 18 % der Fälle war eine deutliche Verbindung zwischen Unfall und Beginn des Augenzitterns. Die durch die Unfälle im allgemeinen erzeugten Kosten werden auf 40 Mark pro Bergmann berechnet. 6000 Mann werden seit 1913 jährlich wegen Augenzitterns dienstunfähig und die dem Lande, nicht der Industrie, dadurch verursachten Kosten betragen jährlich 20 Millionen Mark. Unfälle und Berufskrankheiten erfordern von den Grubenbesitzern jährlich eine Ausgabe von 40 Millionen Mark, vom Staat aber noch viel mehr. Darum wird sich eine Verbesserung der Beleuchtung, wodurch diese Ausgaben verkleinert werden, lohnen. Die Lampe der Zukunft wird die elektrische sein, deren Kosten pro Woche ½—1 d höher sind als die der Öllampe. Allerdings sind die Anschaffungskosten bedeutend höher. Die segensreichen Folgen der verbesserten Grubenbeleuchtung haben sich an einzelnen Orten feststellen lassen. So litten in Süd-Wales in einem Bezirk mit Sicherheitslampen 0,57 %, in einem andern, wo 50 % elektrische Lampen gebraucht wurden, nur 0,175 % an Augenzittern. *Ohm, Bottrop.*

Die elektrische Luftreinigung. (*Bordas D'Arsonval* und *Touplain,* Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences, Bd. *170*, Nr. 11, S. 636—638. 1920.) Der Gedanke, die Luft vom Staube dadurch zu befreien, daß man sie ein starkes elektrisches, zum Luftstrom quergestelltes Feld passieren läßt, wodurch die Teilchen elektrisch geladen und aus ihrer Ursprungsrichtung abgelenkt werden, ist in Amerika in großem Umfange bereits technisch verwertet worden. Die Verfasser haben sich mit der quantitativen Prüfung der Leistungsfähigkeit der in Frankreich inzwischen noch verbesserten Methode beschäftigt. Ihre Versuchsanordnung bestand, soweit man aus der kurzen und ein wenig unklar gehaltenen Beschreibung erkennen kann, nach einigem Probieren zuletzt aus einem senkrecht stehenden Kupferrohr von 1 m Länge und 20 cm Durchmesser, dessen innere Wandung fortlaufend und gleichmäßig von Wasser überrieselt wurde. In der Achse des Rohrs lief ein Draht, welcher mit Hilfe einer sonst Röntgenzwecken dienenden elektrischen Anlage dauernd auf einem negativen Potential von 25 000—30 000 Volt und mehr gegenüber dem positiven Kupfermantel gehalten werden konnte. Aus Löchern, die in verschiedenen Höhen des Rohres angebracht waren, wurden Luftproben angesaugt und zur Ermittlung des noch vorhandenen Staubgehaltes durch sterile Wattefilter geführt. Schickte man durch das Rohr mit Hilfe eines Elektroventilators einen Luftstrom von bekanntem Gehalt an Staub oder Bakterien, so war man auf diese Weise in der Lage, die allmähliche Abnahme dieses Gehaltes im Verlauf der Rohrpassage sowie die Abhängigkeit des Reinigungseffektes von Staubdichte, Stromspannung, Luftgeschwindigkeit usw. festzustellen. Bei einer Luftströmung von 2 Sekundenmetern und einer Spannung von 50 000 Volt wurde bei einem Bakteriengehalt (B. prodigiosum) von 150 Keimen im Kubikmeter Luft völlige Sterilisation erzielt, eine Wirkung, an der indes auch die Ozonisierung der Luft teilzuhaben scheint; denn bei Versuchen mit totem Material (Mineralstaub) war das Optimum der Abnahme nur 95 bis 97 %. *Süssmann, Würzburg.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner,* Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 38. (Seite 751—766) **17. September 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Die Wärmeregulation im menschlichen Körper. Von *Hans Horst Meyer, Wien.* S. 751.

Die systematischen Grundlagen der neuen Lehre von den Farbenharmonien. Von *Johannes Podestà, Münster.* (Mit 3 Abbildungen.) S. 756.

Besprechungen:

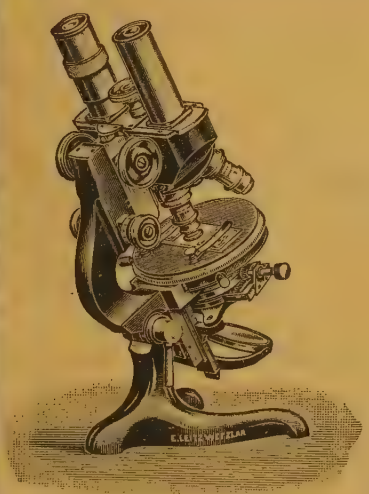
Ungerer, Emil, Die Regulationen der Pflanzen. Von *Erich Becher, München.* S. 764.

Linck, G., Grundriß der Kristallographie. Von *A. Johnsen, Kiel.* S. 766.

Laue, M. v., Die Relativitätstheorie. Von *F. Reiche, Berlin.* S. 766.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.



Binokulares Mikroskop mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren

Mikrophotographische und Projektionsapparate

Mikrotome, Lupen und Lupenmikroskope ❖ Prismenfernrohre.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 26.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C,
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser, Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., G. m. b. H. & Cie. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang — *Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.*
Berlin — *Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche*
Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

Gross-Schmetterlinge der Erde
von Prof. Dr. Ad. Seitz.

Die Palaearkten sind vollständig.
Bd. I Tagfalter kostet gebunden 144 M.
„ II Spinner u. Schwärm. „ 120 „
„ III Eulen „ 132 „
„ IV Spanner „ 96 „
Zur **Erleichterung der Anschaffung** liefere ich jeden einzelnen Band oder mehrere oder alle Bände gegen 10% ige Monatsraten. Anfragen erbeten an
HERMANN MEUSSER, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75.

Mikroskopische Präparate
Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Testplatten, Mineralogie und Geologie. Neue Liste gegen Einsendung von M. 5.—, welche bei einem Auftrage von M. 20.— angerechnet werden.
J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (207)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Ultra-Strukturchemie
Ein leichtverständlicher Bericht
Von **Alfred Stock**
Zweite, durchgesehene Auflage
Mit 17 Textabbildungen
Preis M. 12.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Die quantitative Grundlage von Vererbung und Artbildung

Von Prof. Dr. **Richard Goldschmidt**
(Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie, Berlin-Dahlem)
Mit 28 Textabbildungen
(Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik der Organismen von Wilhelm Roux, Heft XXIV)
Preis M. 38.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 17. September 1920. Heft 38.

Die Wärmeregulation im menschlichen Körper.

Von Hans Horst Meyer, Wien.

Die allermeisten tierischen Lebewesen sind wie die pflanzlichen „wechselwarm" (poikilotherm), d. h. in ihrer Eigenwärme ganz und gar abhängig von der Temperatur der Umgebung: steigt diese, so werden auch sie wärmer, fällt sie, so werden sie entsprechend kälter, so daß ihre Eigenwärme sich nur um weniges von der jeweiligen Umgebungswärme unterscheidet. Ein kleiner Teil der höher entwickelten Tierwelt, die Säugetiere und die Vögel, ist aber imstande, die eigene Körperwärme mehr oder weniger unabhängig von der Außentemperatur auf einem bestimmten, der Art und dem Einzelwesen eigentümlichen Grad dauernd und gleichmäßig festzuhalten; solche Tiere sind „gleichwarm" (homoiotherm). Da in der Regel, zumal in gemäßigtem oder kaltem Klima, die Temperatur der gleichwarmen Tiere — bei Säugern 36 bis 40 ° C, bei Vögeln 40 bis 43 ° — die Außentemperatur wesentlich übersteigt, so heißen sie auch „Warmblüter" im Gegensatz zu den wechselwarmen „Kaltblütern".

Die Fähigkeit zum Erhalten und Festhalten der Eigenwärme ist für die gleichwarmen Tiere zugleich eine Lebensbedingung; denn während wechselwarme Tiere die Abkühlung ihres Körpers bis zur Nähe des Wassergefrierpunktes ohne Schaden ertragen, erlischt in der Regel das Leben der Warmblüter schon, wenn ihre Eigenwärme auf ca. 20 ° C hinuntergedrückt wird. Die *obere* Temperaturgrenze, über der das Leben aufhört, ist für alle Tiere die Gerinnungstemperatur des Zellplasmas, d. i. etwa 45 ° C.

Die Eigenwärme eines lebenden Tieres wird bestimmt durch den *physikalischen* Ausgleich seines Körpers mit der Umgebung (Strahlung, Leitung, Wasserverdunstung) und durch die im *Chemismus* seines Körperstoffwechsels ununterbrochen gebildete Wärme. Chemische Vorgänge verlaufen bei erhöhter Temperatur schneller, nach bekannten Regeln für je 10 Grad Steigerung um das Doppelte bis Dreifache. Daraus folgt, daß mit steigender *Wärmezufuhr* von außen auch die chemische *Wärmebildung* im Körper selbst steigen wird, wofern nicht besondere Einrichtungen bestehen, die diese Reaktionsbeschleunigung hemmen; und ebenso umgekehrt: mit der Abkühlung wird unter sonst gleichen Bedingungen die eigene Wärmebildung sinken müssen.

Beides unterstützt also die thermische Angleichung des Körpers an seine Umgebung und erschwert das Festhalten einer bestimmten, von außen unabhängigen Eigenwärme. Um letzteres zu erreichen, bedarf es demnach besonderer, der Angleichung entgegenarbeitender Einrichtungen des Tierkörpers. Die Gesamtheit dieser, den gleichwarmen Tieren eigentümlichen Einrichtungen bezeichnet man mit *„Wärmeregulation"*. In Beziehung auf diese Wärmeregulation kann man den Körper eines gleichwarmen Tieres vergleichen mit einem von kalter Außenluft umgebenen, durch Ofenheizung warmgehaltenen Zimmer. Um die gewünschte Temperatur festzuhalten, muß die Wärmelieferung des Ofens mit dem Wärmeverlust durch Wände, Fenster und Ventilationskanäle sich decken: es müssen, wenn die Ofenhitze steigt, die Fenster und Klappen mehr geöffnet, wenn sie sinkt, mehr geschlossen werden; oder auch umgekehrt, es muß bei undichten Fenstern stärker geheizt, bei doppelter Fensterdichtung mit der Feuerung gespart werden. Immer wird der Zweck nur erreicht, der Wärmebestand beibehalten werden, wenn Ausgabe und Einnahme gleich hoch gehalten werden, unabhängig von ihrer jeweiligen absoluten Größe. Das kann nun geschehen durch Menschenhand unter Beobachtung des Thermometerstandes oder durch selbsttätig arbeitende, die Heizung und die Lüftung beherrschende Thermoregulatoren, die auf den willkürlich gewählten Wärmegrad eingestellt sind.

Die Heizung, d. h. *Wärmebildung* im tierischen Körper vollzieht sich in den Muskeln und Drüsen, wo durch chemische Vorgänge, namentlich Oxydationen, Wärme erzeugt wird; der *Wärmeverlust* entsteht sowohl durch Strahlung und Leitung von der blutdurchströmten warmen Hautoberfläche an die umgebende Luft als auch durch die wärmeverbrauchende Verdunstung von Wasser, das vom Respirationstrakt mit Einschluß der Nasen- und Mundschleimhaut, namentlich aber von den Schweißdrüsen an die Körperoberfläche gebracht wird. Die *Wärmebildung* und ihre Regelung ist also, wie im geheizten Zimmer, Folge und Wirkung *chemischer*, die *Wärmeabgabe* Folge und Wirkung *physikalischer* Vorgänge. Beide, die chemische und die physikalische Wärmeregulation greifen nach Bedarf in- und miteinander ein, um den vorbestimmten Wärmegrad des Körpers festzuhalten. Das geschieht in ununterbrochen regelmäßig *automatischer*, zugleich aber auch von äußeren Reizen *reflektorisch beeinflußter* Tätigkeit: wird von den

Hautnerven eine abnorme Zufuhr von Wärme — etwa durch ein heißes Bad — oder ein drohender Verlust — etwa durch einen kalten Umschlag — dem Gehirn gemeldet, so veranlaßt es sofort entsprechende Gegenmaßnahmen, im ersteren Falle lebhafte Schweißabsonderung und Hautröte sowie unter Muskelerschlaffung auch Einschränkung der Wärmebildung, im andern Fall Zusammenziehen der Hautgefäße und damit Zurückdrängen des warmen Blutes ins Innere des Körpers und wenn nötig auch Vermehrung der Heizung durch angefachten Stoffwechsel in Muskeln und Drüsen. Die blasse Gänsehaut, das Zähneklappern und das Zittern der Muskeln sind der sprechende Ausdruck dieser zweckmäßigen Reflexe zur Erhaltung der Eigenwärme. Die durch die Nerven hirnwärts laufende Wärme- oder Kältemeldung braucht gar nicht zum Bewußtsein zu kommen: thermische *Empfindungen* werden uns nur von der *äußeren* Haut und vom Mund und Schlund aus übermittelt, die *inneren* Organe sind für unser Bewußtsein *wärmeunempfindlich*, obschon sie die gleichen Reflexe vermitteln. Trinken von kaltem Wasser macht reflektorisch die Haut blaß, von heißem blutreich und schwitzend, und beim Trinken heißen Kamillentees kommt nicht etwa die zugeführte Wärmemenge in Betracht — sie ist gegenüber dem Wärmevorrat im ganzen Körper verschwindend —, sondern lediglich der unbewußte thermisch-reflektorische Reiz von der Magenschleimhaut aus.

Unabhängig aber von diesen aus der Peripherie zum Gehirn kommenden Erregungen geht die *ununterbrochen selbsttätige* Regelung des Wärmebetriebes vor sich wie in einem Thermostat unter dem regulatorischen *unmittelbar* wirksamen Reiz der *Temperatur*, die dem Regulationsapparat durch das zufließende Blut erteilt wird.

Eine Ähnlichkeit mit dem *Atmungsvorgang* springt in die Augen: Ein- und Ausatmung zentral selbsttätig nach Zahl und Tiefe so geregelt, daß die normale Sauerstoff- und Kohlensäurespannung im Blut festgehalten wird; aber auch reflektorisch in jedem Moment beeinflußbar durch äußere Reize, z. B. Hautreize, die für entsprechende Gegenwirkung größere Ansprüche an Sauerstoffversorgung und Kohlensäureförderung verlangen und sofort verstärkte Atmung veranlassen. Der die Automatie, die Selbsttätigkeit des Atemzentrums unterhaltende dauernde Reiz ist die jeweilige Spannung der Kohlensäure des Blutes: sinkt sie, so stockt die Atmung bis zu völligem Stillstand; steigt sie an, so wird die Atmung angeregt. Ist das Atemzentrum krankhaft geschwächt oder erschöpft, so bedarf es höherer CO_2-Spannung; ist es wie im Fieber übererregbar, so genügt eine niedrigere CO_2-Spannung als normal, um seine blutgasregelnde Tätigkeit in Gang zu erhalten. Der dauernd die *Atemautomatie* unterhaltende Reiz ist also *chemisch*, nämlich die *Kohlensäure*. Der entsprechende Dauerreiz für die zentrale *Wärmeregulation* aber ist *physikalisch*, nämlich die *Temperatur* des Blutes: will sie unter den Normalgrad sinken, so werden die Wärmvorrichtungen alarmiert und in Bewegung gesetzt, die Hautgefäße zusammengezogen, die Verbrennungen im Körper angefacht; will sie über das Maß steigen, so treten die Kühlvorrichtungen in Tätigkeit, die Hautkapillaren erweitern sich, die Schweißdrüsen arbeiten, die Verbrennung wird gedrosselt.

Über die Lage des Wärmeregulationsapparates im Gehirn sind wir einigermaßen unterrichtet: er liegt doppelseitig in den ventralen Gebieten des Zwischenhirns. Nach Durchtrennung der an der Hirnbasis im medianen Teil des Zwischenhirns verlaufenden Verbindungsbahnen geht das Wärmeregulationsvermögen verloren, die durch den „Zwischenhirnstich" so operierten Tiere sind wechselwarm geworden. Der Verlust des Vorderhirns mit Einschluß des Streifenhügels ändert dagegen nichts wesentlich an der Wärmeregulation.

Unsere Körpertemperatur steht in der Regel über der der Außenwelt: der gelähmte oder tote Körper kühlt ab, der lebendige wehrt sich gegen die Abkühlung durch chemische Arbeit (Wärmebildung) und durch mechanische Arbeit (Kontraktion der Hautgefäße). Diese doppelte Tätigkeit erhält ihren Antrieb von der im Hirn gelegenen thermogenetischen Zentralisation, und zwar nach Maßgabe ihrer Temperatur. Aber umgekehrt wie sonst bei allen andern physiologischen Organen wird ihre Tätigkeit gesteigert durch Abkühlen, gehemmt durch Erwärmen: beim Menschen arbeitet sie mit einer mittleren konstanten Intensität bei etwa 37 Grad Bluttemperatur und unterhält so eine mittlere Anspannung der Hautgefäße und des Stoffwechsels; sinkt die Temperatur tiefer, so steigt alsbald ihre Erregung, sie veranlaßt Zusammenziehen, Krampf der Hautgefäße und facht die Verbrennung an, bis die 37 Grad wieder erreicht sind; steigt aber die Temperatur, so läßt das thermogenetische Zentrum mit seinen Antrieben nach, läßt die Gefäße erschlaffen, den Stoffwechsel sinken. Wir können also sagen, die *Wärme betäubt*, die *Kälte erregt dies Wärmzentrum*.

Das läßt sich im Tierversuch schlagend und unmittelbar zeigen: wenn man eine feine doppelläufige metallne Röhrensonde so in das Gehirn eines Kaninchens einführt, daß die Gegend der Wärmeregulation getroffen wird, und leitet durch das Röhrchen kaltes Wasser, so wird das Wärmeregulationszentrum ganz unmittelbar gekühlt, das Tier aber beginnt alsbald zu fiebern; leitet man dagegen heißes Wasser hindurch, so sinkt seine Blut- und Körpertemperatur unter die Norm.

In dem Maße aber, als dies Wärmzentrum unter dem narkotisierenden Wärmeeinfluß einschläft und so passiv die Körperwärme zum Sinken bringt, treten nun auch *aktive* Hilfskräfte in gleichem Sinne in Tätigkeit, die sonst ruhen: die Schweißdrüsen, die Vasodilatatoren der Haut,

die verstärkte Atmung. Auch dieses System zusammenarbeitender Tätigkeiten fordert eine gemeinschaftliche Zentralstation, die für die Abkühlung, für die Wärmeentlastung des Körpers zu sorgen hat, also ein „Kühlzentrum", einen thermolytischen Apparat. Es ist klar, daß dieses Kühlzentrum in einem gegensätzlichen Verhältnis zum thermogenetischen Wärmzentrum steht, ähnlich etwa wie die antagonistischen Innervationszentren der Streck- und der Beugemuskeln oder der herzantreibenden sympathischen und der herzhemmenden parasympathischen Nerven. Wir wissen aus zahlreichen Beobachtungen, daß solche antagonistischen Zentren in einem *gegenseitig sich aufwiegenden* Erregungsverhältnis stehen, d. h. das dauernd oder heftiger erregte hemmt das andere und dämpft seine Erregbarkeit; hört die Erregung des ersteren auf, so erwacht von selbst die des anderen wieder. Es muß also Erwärmung, die die Erregung des Wärmzentrums dämpft, die des Kühlzentrums hervorrufen oder verstärken, und umgekehrt. Unter gewöhnlichen Umständen herrscht beim ruhenden Menschen das *Wärmzentrum* vor, da ihm die dauernde Aufrechterhaltung der Eigenwärme über der Außentemperatur obliegt. Es wird, wie gesagt, durch Abkühlen angeregt, durch Erwärmen beruhigt; ist es abnorm reizbar, d. h. mehr als normal kälteempfindlich, man könnte sagen: friert es leichter, so wird es einer höheren Bluttemperatur bedürfen, um es in gleichmäßiger, sich nicht steigernder Tätigkeit zu erhalten, d. h. es wird der Körper dann auf eine höhere als die normale Temperatur sich einstellen müssen, um im Wärmegleichgewicht zu bleiben: das heißt, er wird *fiebern*. Fieber ist also nichts anderes als der Ausdruck der abnorm erhöhten Erregbarkeit des Wärmzentrums, und solche kann durch sehr verschiedene Erregungsmittel herbeigeführt werden: durch mechanische Reizung — Druck von Hirngeschwülsten, Blutungen im Thalamus opticus, oder experimentell durch einseitigen oder doppelseitigen „Wärmestich", d. i. senkrechten Stich mit einer stumpfen Nadel in den vorderen medianen Teil des Zwischenhirns; durch elektrische Reizung dieser Stelle und vor allem durch chemische mit dem Blut zugeführte Reizstoffe. Schon eine leichte Änderung des Salzgehaltes im Blut, Verminderung der Kalk-, relative Vermehrung der Natriumsalze kann bei empfindlichen Individuen Fieber erzeugen. Bekannt ist das Fieber, das besonders leicht bei kleinen Kindern nach Eingabe von Kochsalz auftritt; es läßt sich ebenso am Tier experimentell erzeugen und kann durch entsprechende Kalkzufuhr verhindert oder aufgehoben werden.

Von andern chemischen Stoffen kommen vor allem in Betracht die von Bakterien und andern Mikroparasiten erzeugten Toxine, ferner Eiweißabbaustoffe verschiedener Art und endlich, was schon hier besonders hervorgehoben werden soll, auch einige organische wohlbekannte Basen wie namentlich das *Kokain*, das *Tetrahydronaphthylamin*, das *Adrenalin*. Der Erfolg all der hier angeführten erregenden Einwirkungen auf das Wärmzentrum ist aber keineswegs immer gleich, sondern hängt von seiner jeweiligen Anspruchsfähigkeit und Empfindlichkeit ab und vielleicht noch mehr von der Brauchbarkeit und Wirksamkeit der von ihm kommandierten Erfolgsorgane — um auf das Gleichnis mit dem geheizten Zimmer zurückzugreifen —: vom Zustand des Ofens und der Fenster. Will der Ofen aus irgendeinem Schadengrund nicht brennen, oder ist das Schließgestänge der Fensterflügel verdorben und eingerostet, so ist alles „Regulieren" nach dem Thermometer vergeblich: im tierischen Körper sind diese Erfolgsorgane seine chemisch arbeitenden Teile, namentlich Leber und Körpermuskeln, und die mechanisch wirksamen glatten Muskeln der Hautgefäße. Und hier stoßen wir nun auf sehr bemerkenswerte Tatsachen: sowohl die peripheren Erfolgsapparate wie auch wahrscheinlich der Zentralapparat im Gehirn selbst stehen unter dem ununterbrochen antreibenden Einfluß von chemischen Stoffen, die von gewissen Drüsen unmittelbar — je nach Bedarf mehr oder weniger — in das Blut abgesondert werden. Von diesen wegen ihrer antreibenden Kraft mit dem Namen „Hormone" bezeichneten Stoffen kommt hier in erster Linie in Betracht das Hormon der *Schilddrüse*, in zweiter die Hormone des *Hirnanhangs* (Hypophyse) und der *Nebennieren*. Menschen, die von Hause aus oder durch chirurgischen Eingriff schilddrüsenlos sind, zeigen, abgesehen von einer Reihe schwerer Entwicklungs- und Ernährungsstörungen (Zwergwuchs, Kretinismus, Myxödem), eine Neigung zu niederer Temperatur und geraten schwer in Fieber; umgekehrt haben die „Basedow"kranken mit ihrer gewucherten und verstärkt arbeitenden Schilddrüse leicht eine höhere als die normale Temperatur und sind „fieberig". Danach scheint die Schilddrüse einen nicht unmerklichen Einfluß auf die Erregbarkeit des Wärmzentrums auszuüben; sicher aber und hier wahrscheinlich von noch mehr entscheidender Bedeutung ist ihre Einwirkung auf die Verbrennungsvorgänge im Körper: Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß die im Fieber „auf Befehl" des erregten Wärmezentrums gesteigerte Verbrennung — vermehrte Wärmebildung — in den Körperorganen und anderseits auch ebenso die zum Schutz gegen Überhitzung vom Kühlzentrum „befohlene" Drosselung der Verbrennung im Körper nicht durch unmittelbaren vom Zentrum zu den Stoffwechselstätten laufenden Nervenantrieb ausgelöst wird, sondern stets durch Vermittlung der Schilddrüse. Ohne sie gibt es kein durch sonst fiebererzeugende Ursachen, wie wir sie oben kennen gelernt haben, veranlaßtes Anfachen der Verbrennung und Wärmebildung; und wenn an schilddrüsenlosen Tieren Fieber überhaupt zustande kommt, so geschieht es nur durch

Wärmestauung mit Hilfe der physikalischen Regulationsmittel, durch den Krampf der Hautgefäße.

Den Beweis für diese Stoffwechselhormonwirkung der Schilddrüse haben Versuche am isoliert überlebenden mit einer Zuckernährlösung bei 37 Grad gespeisten Säugetierherzen geliefert. Das Herz von einem gesunden Kaninchen verbrennt bei seiner Schlagarbeit gegen 2—3 mg Zucker auf das Gramm seines Gewichtes in einer Stunde, das Herz von einem schilddrüsenlosen, sonst gesunden Tier erheblich weniger. Ein Herz aber, das einem *fiebernden* normalen Tier entnommen worden, verbrennt über die doppelte Menge. War dagegen dem Tier vor dem fiebererzeugenden Wärmestich die Schilddrüse herausgenommen worden, so verbrennt sein Herz nicht *mehr* von dem Zucker als die Herzen fieberfreier Tiere. Die *fieberhafte* Steigerung der Stoffverbrennung ist also gewiß von der Tätigkeit der Schilddrüse bedingt. Aber nicht allein *diese*: auch am gesunden Tier wird die gesteigerte Verbrennung beim *Frieren* in kalter Umgebung durch das Hormon der Schilddrüse veranlaßt. Den Beweis dafür liefert der einfache aber sehr überraschende Versuch, das isoliert schlagende, wenig Zucker verbrennende Herz von einem sehr warm gehaltenen, überhitzten Tier mit dem Blutserum eines frierenden Tieres zu speisen: sofort wird die Verbrennung in dem schlagenden Herzen angefacht und gesteigert — es hat nun das erforderliche „Heizhormon". Kam aber das Serum von einem seiner Schilddrüse beraubten Tier, so hat es keinerlei Wirkung auf den Stoffverbrauch des isolierten Herzens.

Aber die Schilddrüse liefert auch nach Bedarf ein „*Kühlhormon*"! Bringt man ein Kaninchen in einen Wärmekasten, so daß sich seine Körperwärme staut, weil die Wärmeabgabe verhindert ist, so sucht sein Wärmeregulationszentrum die gefährliche Überhitzung zu verhindern durch Drosseln der Verbrennung, der Heizung: auch dies tut es nicht so sehr durch unmittelbar nervöse Ruhigstellung der Muskeln, als durch chemische Vermittelung der Schilddrüse, die nun, gleichsam auf höhere Weisung, ein *verbrennunghemmendes Hormon* liefert und mit dem Blut in die Körperorgane schickt. Wird mit solchem, das „Kühlhormon" führenden, Blutserum ein isoliert schlagendes Herz gespeist, so erlischt in ihm die Zuckerverbrennung wie in den Herzen überhitzter Tiere!

Die chemische Wärmeregulation der gleichwarmen Tiere steht also unter dem mächtigen, bald antreibenden, bald hemmenden Einfluß der *Schilddrüse*. Aber nicht *allein* der Schilddrüse. Auch die *Hypophyse* hat mitzusprechen, jedoch in andrer Art. Versagt sie oder ist sie operativ entfernt, so sinkt die Körpertemperatur unfehlbar tief unter die Norm und kann auch durch fiebererzeugende Mittel nicht in die Höhe getrieben werden. Injiziert man aber solchen Tieren ein Extrakt aus dem Vorderlappen des Hirnanhanges, so steigt die Körpertemperatur wieder an und bleibt eine Zeitlang auf der Höhe. Da hat also allem Anschein nach das *Wärmezentrum* selbst seine Erregbarkeit verloren gehabt und sie durch Zufuhr von diesem Hypophysenhormon vorübergehend wieder erhalten. Ob nebenbei auch die Verbrennung im Körper unmittelbar von dem Hormon mit beeinflußt wird, ist nicht untersucht.

Endlich hat auch die *Nebenniere* mit dem von ihrer *Markmasse* gelieferten „*Adrenalin*" einen nicht unwesentlichen Einfluß auf die Wärmeregulation. Ähnlich wie hypophysenlose haben auch nebennierenlose Tiere eine abnorm niedere Temperatur und können nicht außer durch Adrenalininjektion auf eine höhere gebracht werden. Auch hier handelt es sich also um verloren gegangene Erregbarkeit des Wärmezentrums — vermutlich aber auch noch um eine in den Organen des Körpers selbst mit dem Adrenalinverlust entstandene Trägheit des Stoffwechsels.

Eine sehr eindrucksvolle Ergänzung und Bestätigung der hier mitgeteilten Tatsachen finden wir in den vor kurzem am *winterschlafenden* Igel gemachten Beobachtungen und Versuchen. Bekanntlich verhalten sich Winterschläfer im Winterschlafzustand so wie wechselwarme Tiere, ihre Körpertemperatur übersteigt kaum die der kalten Umgebung, und sie ertragen die eigene Abkühlung bis nahe an den Gefrierpunkt ohne Schaden. In diesem Zustand erweist sich nun ihre Schilddrüse unter dem Mikroskop als stark zurückgebildet und unfähig zu normaler Arbeit; zugleich ruht der sonst rege Stoffwechsel in den Organen, und es schläft auch das unerregbar gewordene Wärmezentrum. Injiziert man aber dem winterschlafenden Tier etwas Schilddrüsenauszug unter die Haut, so beginnt — nicht gleich, also nicht etwa infolge des empfindlichen Eingriffs, sondern nach etwa zwei Stunden — das Tier lebhaft zu atmen, zu erwachen und sich rasch auf fast normale Höhe (36 Grad) zu erwärmen — es läuft herum, versinkt aber nach mehreren Stunden, wenn das künstlich zugeführte Hormon aufgebraucht ist, wieder in seinen vorherigen kalten Winterschlaf. Und ebenso bringen auch die Hormone der Hypophyse und der Nebennieren den schlafenden Igel zu vorübergehendem Wachsein.

Für den *Arzt* hat die Kenntnis der Wärmeregulation ihre Hauptbedeutung für das Verständnis des *Fiebers* und seiner Behandlung. Wie wir gesehen haben, ist jedes Fieber der Ausdruck eines erhöhten Erregbarkeitszustandes des Wärmzentrums. Die Folgen davon im Körper können verschieden sein: entweder vorwiegend Gefäßkontraktion mit heftigem Frostgefühl, d. h. also vorwiegend eingeschränkte Wärmeabgabe, wie es gewöhnlich der Fall ist im Beginn eines Fiebers im „Schüttelfrost", oder enorm gesteigerte Wärmebildung, ebenfalls bei starker, sogar gesteigerter aber doch nicht zureichender Wärmeabgabe, wie im „Hitzestadium" des Fiebers.

Aus der Abhängigkeit der Fieberhöhe von dem Erregungszustand des Nervenzentrums ergibt sich die Schlußfolge, daß jede Bekämpfung oder Beseitigung der Fiebertemperatur geknüpft sein müsse an eine Abschwächung des Erregungszustandes, also an eine Art von Narkose des Wärmzentrums. Ohne eine solche können wir in der Tat die Temperatur eines *gesunden* Menschen gar nicht herabsetzen, weder durch Einschränken der Verbrennung (Schlaf, Hunger) noch durch vermehrte Abgabe im starken Schwitzen, kühlen Bad und dgl., und ebensowenig können wir seine Temperatur erhöhen durch Steigern der Verbrennung oder durch warme Kleidung. Nur bei ganz außerordentlich starken, übertriebenen Einflüssen dieser Art versagt die Regulation: ein sehr kaltes und lange andauerndes Bad kann schließlich nicht kompensiert werden, weil die Erfolgsorgane für die Wärmebildung nicht mithalten können; umgekehrt, wenn die Wärmeabgabe ganz und gar verhindert ist, so läßt sich der Stoffwechsel eben nicht genügend herabdrücken, und wenn durch Gewaltmärsche die Wärmebildung ganz übermäßig gesteigert wird, so genügt oft auch nicht mehr die Abkühlung durch Schweiß und Wasserverdunstung, um den „Hitzschlag" zu verhindern. Das alles aber sind Ausnahmefälle — innerhalb mäßiger Schwankungen bleibt es dabei, daß ohne Nachlassen des Wärmzentrums die normale Körpertemperatur sich nicht herabsetzen läßt. Ist dies nun tatsächlich der Fall auch *im Fieber?*

Ohne weiteres ist es klar, daß alles, was das Gehirn *allgemein* betäubt, auch das Wärmzentrum betäuben und Fieber herabsetzen muß, so der Alkohol, das Chloralhydrat und mehr oder weniger alle Schlafmittel, wenn sie in genügenden Mengen angewendet werden; zugleich wird freilich dann auch das Kühlzentrum mit betäubt, daher dann kein Schweißausbruch, keine heftige Atmung. Wie es nun aber neben den allgemeinen Betäubungsmitteln auch *auswählend wirkende* gibt, z. B. das Morphium für die Zentren der Schmerzempfindung und der Atmung, so gibt es auch solche besondere für das Wärmzentrum. Es war eine schon lange festgestellte, wenn auch nicht allgemein bekannte Tatsache, daß das *Anilin* an Tieren neben gewissen anderen Vergiftungserscheinungen vor allem eine tiefe Temperatursenkung hervorrief ohne allgemeine Narkose. Spätere Forschungen, die aber nicht vom Anilin, sondern von den Abbaustoffen des Chinins ausgingen, haben uns eine große Reihe von wenig giftigen Mitteln kennen gelehrt, die die Temperatur stark herabsetzen, ohne sonst merklich hervortretende allgemeine Betäubung zu verursachen — unter ihnen auch das durch Verkoppelung mit der Essigsäure wesentlich entgiftete Anilin, d. i. das *Acetanilid* und das ihm verwandte noch weniger giftige *Phenazetin*. Aus der großen Zahl der übrigen Stoffe, die sich als wertvolle Antipyretica erwiesen haben, seien hier nur erwähnt das *Antipyrin* und die *Salicylsäure* mit ihren Abkömmlingen und Verwandten. Sie alle setzen in genügender Menge am *gesunden* Tier und Menschen angewendet die Temperatur herab, d. h. also, sie vermindern zuallererst und allein die Erregbarkeit des Wärmzentrums unter gleichzeitigem Erwachen und tätigem Eingreifen des antagonistischen Kühlzentrums, und so treten mittelbar unter ihrem Einfluß auch die gefäßerweiternden und schweißtreibenden Nerven in mächtige Aktion.

Das alles geschieht aber am *Fiebernden viel* leichter und ergiebiger und nach viel kleineren Gaben und läßt erkennen, daß das abnorm erregte Wärmzentrum des Fiebernden labiler, daß seine Übererregbarkeit leichter angreifbar ist. Dafür haben wir in der Pharmakologie bekannte Vorbilder: z. B., wenn durch *Strychnin* die Reflexerregbarkeit des Rückenmarks eines Tieres über die Norm gesteigert ist, so genügt ein ganz leichter Ätherrausch, um diese Übererregbarkeit zu dämpfen, ohne dadurch die Erregbarkeit des Rückenmarks überhaupt aufzuheben oder auch nur merklich unter die Norm herabzudrücken. Die krankhaft erhöhte Erregbarkeit durch ein Narcoticum zu beseitigen, gelingt also mit viel kleineren Gaben, als die normale stark herabzusetzen.

Und noch in einer zweiten Richtung klärt uns der Strychninversuch auf: das strychninvergiftete Rückenmark ist übererregbar und beantwortet den leisesten äußeren Reiz mit ausgebreiteten Krampfstößen durch den ganzen Körper. Aber wenn die Reize sich zwei- bis dreimal wiederholen, so versagt es und zeigt sich nun fast unerregbar; erst nach längerer Erholungspause gewinnt es wieder seine Erregbarkeit. Es ist also zwar *übererregbar*, aber auch *übererschöpfbar*, sein Zustand ist *„reizbare Schwäche"*.

Und so verhält es sich auch mit dem fieberhaft erregten Wärmzentrum: werden etwas stärkere Anforderungen an seine Leistung gestellt, so versagt es. Schon eine mäßige, nicht zu kurze Wärmeentziehung durch ein kühles Bad, kalte Umschläge, was sonst beim gesunden Menschen durch Gegenregulation ohne weiteres ausgeglichen wird, wirkt am Fiebernden abkühlend für Stunden; ja, auch eine einfache Herabsetzung des Stoffwechsels, Bettruhe, eiweißfreie Kost oder Hungermaßnahmen, die am Gesunden ohne Einfluß auf seine Temperatur sind, lassen am Fiebernden wegen unzureichender Ausdauer seines Wärmzentrums die Temperatur schon merklich sinken. So erklärt sich uns auch die unmittelbar fieberwidrige Wirkung des *Chinins* bei Typhus, bei Influenza, obschon selbst große Gaben dieses Arzneimittels am gesunden Menschen und Tier die Körpertemperatur kaum herabsetzen, ja unter Umständen sogar steigern: das Chinin hat nämlich bei der gewöhnlichen Zufuhr durch den Mund keinen merklich lähmenden Einfluß auf das Wärmzentrum, es vermindert aber unabhängig vom Nervensystem die Stoffwechselvorgänge, die Spaltungen und Verbrennungen im Or-

ganismus, es hemmt also unmittelbar die Wärmeerzeugung, die Heizung. Der gesunde Körper reguliert gegen diese verminderte Heizung mit Einschränkung der Wärmeabgabe durch anhaltende Kontraktion der Hautgefäße — mitunter sogar zu stark, so daß die Körpertemperatur dann noch steigt; beim Fiebernden aber hält das leicht erschöpfbare Wärmzentrum die Leistung nicht lange aus, es versagt, die Gefäße erschlaffen, das gegnerische Kühlzentrum tritt ungehemmt auf den Plan, und die Fiebertemperatur fällt.

Wir haben es also mit zwei grundverschiedenen Arten von Fiebermitteln zu tun: *erstlich* Entfieberung durch anfängliche Narkose des Wärmzentrums und dadurch von selbst gesteigerter Leistung des Kühlzentrums — mithin vom Gehirn aus veranlaßte *Vermehrung der Wärmeabgabe* ohne entsprechende Vermehrung der Wärmebildung: *Antipyrin, Antifebrin, Salicylsäureverbindungen* und andere mehr; *zweitens* Entfieberung durch ursprünglich peripher in den Organen bedingte *Hemmung der Wärmebildung* bei fieberhaft geschwächter Gegenregulation, d. h. nicht entsprechender Einschränkung der Wärmeverluste: *Chinin* und seine Verwandten.

Wahrscheinlich aber gibt es noch eine *dritte* Art der Entfieberung, nämlich durch anfängliche *Erregung* des thermolytischen Apparates, des *Kühlzentrums.* Wir kennen eine Reihe pharmakologischer Mittel, die zwar sicher durch zentrale Einwirkung auf die Wärmeregulation die Körpertemperatur herabsetzen, jedoch nicht durch Narkose des Wärmzentrums. Solche Stoffe sind überhaupt nicht Betäubungsmittel, sondern gekennzeichnet durch Erregungen, die sie auch an anderen im Gehirn und verlängerten Mark gelegenen Zentren, insbesondere der parasympathischen Nerven (Vagus, Oculomotorius, Chorda tympani) erzeugen: es sind das, außer gewissen Krampfgiften, die früher tatsächlich auch zur Entfieberung verwendeten Arzneimittel *Veratrin* aus den Sabadillsamen, der *Eisenhut* (Aconitum) und der *Fingerhut* (Digitalis). Auch hier ist beim Fiebernden der Erfolg viel leichter zu erzielen wie am Gesunden, weil bei letzterem das intakte Wärmzentrum zunächst die Oberhand behält, beim Fiebernden aber nachgibt und versagt. Indes kommen diese Mittel wegen ihrer sonstigen sehr energischen Wirkungen als eigentliche *Fiebermittel praktisch* heute nicht mehr in Betracht.

Theoretisch aber bieten diese Substanzen mit ihrer das Kühlzentrum erregenden Wirkung ein besonderes Interesse: nach ihren sonstigen Wirkungen, auf die hier nicht eingegangen werden kann, sind sie als Erregungsstoffe für *parasympathische* Nervenapparate zu betrachten; vorher haben wir die Bemerkung gemacht, daß gewisse andere Stoffe geeignet sind, das *Wärmzentrum* zu erregen — so das Kokain, das Tetrahydronaphthylamin, das Adrenalin — sämtlich Stoffe mit der ausgesprochenen Eigenart, die *sympathischen* Nervenapparate zu erregen! Es ergibt sich daraus die Wahrscheinlichkeit, daß auch die miteinander im Wechselspiel verbundenen Wärmeregulationszentren, das Wärm- und das Kühlzentrum, als Teilvorrichtungen der beiden großen antagonistischen Nervensysteme, des sympathischen und des parasympathischen, anzusprechen sind.

Den Gegensatz zum Fieber bildet der Zustand, den man als *Collaps* oder in seinem Entstehen auch als Chok bezeichnet: tiefes Sinken der Körpertemperatur unter Abnahme der Herzkraft und der Gefäßspannung bei kühler, blasser, feuchter Haut, langsamer und oberflächlicher Atmung, großer Schwäche und Mattigkeit bis zur Ohnmacht. Das ist in der Regel die Folge von einer vollständigen *Lähmung* des Wärmzentrums, wie sie durch zu große Gaben der Antipyretica, durch starke Vergiftung mit manchen Bakteriengiften — oder von plötzlicher *Hemmung,* wie sie durch schwere Verletzungen oder Erschütterungen des Nervensystems reflektorisch hervorgerufen werden kann. Denn wie alle anderen Reflextätigkeiten des Zentralnervensystems kann auch die Wärmeregulation durch heftige sensible Reize gehemmt werden: schon der schmerzhafte Reiz eines großen Senfpflasters vermag es vorübergehend zu hemmen und die Temperatur etwas zum Sinken zu bringen. Gegen die toxische *Lähmung* des Wärmzentrums mögen Erregungsmittel wie Adrenalin, Koffein oder Kokain u. a. gelegentlich von Nutzen sein; die lebenbedrohende *Hemmung* aber durch einen übermächtigen körperlichen oder auch seelischen Schmerz schwindet bald mit seiner Dämpfung, und da tut seinen Wunderdienst das alte unentbehrliche Zaubermittel, das *Opium,* das betäubt und betäubend belebt.

Die systematischen Grundlagen der neuen Lehre von den Farbenharmonien.

Von Johannes Podestà, Münster.

Das uralte Problem, die von unserem Auge wahrgenommenen Farben einem bestimmten System einzuordnen, mit Hilfe eines solchen das gesamte Reich der Farben unter die Herrschaft von Maß und Zahl zu bringen und daraus die Gesetze der Farbenharmonien zu entwickeln, hatte trotz der Bestrebungen gerade von seiten einer Reihe der hervorragendsten Geister aller Kulturvölker, die sich diesen Aufgaben widmeten, einer allseitig befriedigenden wissenschaftlichen Lösung bis auf den heutigen Tag nicht entgegengebracht werden können. In dem der Farbenwelt so nahe verwandten, allerdings weit weniger mannigfaltigen Reich der Töne ist die wissenschaftliche Bewältigung schon längst vollkommen gelungen. Bereits vor fast drei Jahrtausenden ist die Lehre von der Harmonie der Töne begründet und seit mehr als drei Jahrhunderten ist auf ihren Gesetzen die hochentwickelte Tonkunst aufgebaut worden. Ihre Grundlage ist die Unterscheidung zwischen wohl- und übelklingenden Tonverbindungen und die

Feststellung von Tönen und Tonleitern, die aus der unbegrenzten Zahl der stetig ineinander übergehenden Töne so ausgewählt sind, daß sie untereinander wohlklingende Verbindungen geben, was bei willkürlichen, d. h. gesetz- und systemlos zusammengestellten Tönen bekanntlich nicht der Fall ist. Auf dieser Grundlage konnte schon vor fast tausend Jahren die Einführung der Tonzeichen oder Noten vor sich gehen, durch welche die zum Wohlklang geeigneten Töne eindeutig ihrer Höhe und Dauer nach bestimmt werden, als notwendige Voraussetzung der weiteren Entwicklung zur Größe und Mannigfaltigkeit der heutigen Musik.

Es ist verständlich, daß man von jeher nach den entsprechenden systematischen Grundlagen der der Tonkunst ähnlichen *Farbkunst* gesucht hat. Aber trotz deren an und für sich gewiß hohen Entwickelung ist von ihren Gesetzmäßigkeiten bisher noch so gut wie nichts bekannt und selbst die grundlegenden Fragen sind, wenn überhaupt, nur teilweise und unvollkommen gelöst. Das ist um so befremdlicher, wenn man sich vergegenwärtigt, welch außerordentliche und vielseitige Rolle im täglichen Leben die Farbe spielt, auch ohne daß sich der einzelne mit ihr, sei es in künstlerischer, sei es in gewerblicher Betätigung, besonders befaßt. Seit *Newtons* grundlegender Entdeckung von der Zusammensetzung und Zerlegung des weißen Lichtes in einfache (homogene) Lichtarten von verschiedener Farbe und nach der Feststellung, daß diese Verschiedenheit auf Unterschieden der Schwingungszahlen des Lichtes beruht, schien die Übereinstimmung der Farben mit den Tönen vollkommen zu sein, da auch die Tonhöhe, welche der musikalischen Harmonie zugrunde liegt, durch die Schwingungszahl bestimmt ist. Unter diesen Gesichtspunkten teilte bereits *Newton* das farbige Spektrum des Lichtes nach dem Vorbilde der Tonleiter ein, und die Herstellung eines „Farbenklaviers“ zur Hervorbringung von Farbenharmonien war eine im 18. Jahrhundert mit Eifer verfolgte Aufgabe. Trotzdem sind von einer wissenschaftlich systematisierten Farbkunst, die der Musik vergleichbar wäre, nur die allerersten tastenden Versuche vorhanden und auch diese Anfänge sind, wie die Unsicherheit der Anwendung der Farbe bei den Künstlern und der Auffassung beim Publikum beweist, noch weit davon entfernt, als gesicherter Besitz empfunden und gewertet zu werden.

Wenn man sich über dieses eigentümliche Mißverhältnis in der Entwicklung dieser beiden doch so nahe verwandten Reiche und über die merkwürdige Rückständigkeit, die in der Farbenwelt im Gegensatz zur Tonwelt herrscht, Rechenschaft zu geben versucht, so muß man feststellen, daß, abgesehen von den viel einfacheren im Reich der Töne herrschenden Verhältnissen, die Hauptquelle der vielfachen Irrtümer und Widersprüche auf dem Gebiet der Farbenwelt erst durch die Erkenntnis aufgedeckt ist, daß die Farbtöne, d. h. die mit den Namen Gelb, Rot, Blau, Grün usw. bezeichnete Eigenschaft der Farben nicht das einzige Bestimmungsstück der Farbenharmonie ist. Die bis heute vertretene Analogie mit den musikalischen Tönen, bei denen die Tonhöhe tatsächlich das einzige Bestimmungsstück ist, mußte so lange zu einem Fehlschluß führen, als man bei der an und für sich naheliegenden Annahme blieb, daß es sich bei den Farben entsprechend verhalten müsse. Während aber die Töne durch ihre Höhe oder ihre Schwingungszahl eindeutig gekennzeichnet werden, besitzen die Farben eine *dreifache* Mannigfaltigkeit; es genügt also zur Erzielung einer Farbharmonie nicht, *eine* der drei unabhängigen Veränderlichen, nämlich den dazu am nächstliegend erscheinenden *Farbton* gesetzmäßig zu ordnen, sondern es muß auch eine gesetzmäßige Ordnung der beiden anderen Veränderlichen erfolgen, wenn das Ergebnis der Verbindung harmonisch wirken soll. Von *Helmholtz* begründet und seither bis heute vorherrschend geblieben ist die Auffassung, daß die dreifaltige Beschaffenheit der Farbe von den unabhängigen Veränderlichen *Farbton, Reinheit* und *Helligkeit* der Farbe bestimmt wird. Ihre erst in diesen Tagen von *Ostwald* nachgewiesene Unrichtigkeit hat bisher jeden Versuch vereitelt, auf dieser Grundlage eine allen Ansprüchen gerecht werdende gesetzmäßige Farbensystematik durchzuführen. Seit *Herings* grundlegenden Forschungen wissen wir zwar, daß an Stelle der gegenannten drei bisher angenommenen Veränderlichen diejenigen des *Farbtons,* des *Weißgehalts* und des *Schwarzgehalts* zu treten haben, aber erst seit uns *Ostwald* gelehrt hat, mittels besonderer von ihm geschaffener begrifflicher und technischer Mittel diese drei Elemente zahlenmäßig meßbar zu erfassen, können wir den so lange vergebens erstrebten Übergang von der bisherigen *qualitativen* Entwicklungsstufe der Farbenlehre zur *quantitativen* als erreicht ansehen, die auf der sicheren Grundlage von Maß und Zahl den Ausbau einer rationell begründeten Farbenharmonik erst ermöglicht.

Wenn wir unter „Harmonie“ im weitesten Sinne die „gesetzmäßige Ähnlichkeit“ gleichartiger Empfindungsinhalte verstehen und dabei von den einfachsten Harmonien ausgehen, die, wie z. B. in den primitivsten Kunstformen, in der rhythmischen Wiederholung irgendeines Gebildes, d. h. in der Gleichheit der zeitlichen oder räumlichen Abstände bestehen, so erkennen wir für die Harmonie der Farbe ohne weiteres, daß durch die erwähnte dreifache Mannigfaltigkeit der Farbe sich die Verhältnisse insofern ganz besonders verwickelt gestalten, daß sie die gleichzeitige Bestimmung und gesetzmäßige Zuordnung aller drei Veränderlichen erforderlich machen. Es müssen nämlich zwischen den entsprechenden Werten jeder der drei Veränderlichen bei den an einer Harmonie beteiligten Farben die geforderten gesetzlichen Zusammenhänge bestehen. Fehlt eine solche auch nur bei einer von ihnen, so ist die Harmonie ge-

stört und kann nicht durch das Vorhandensein gesetzlicher Zusammenhänge bei den anderen Veränderlichen gerettet werden. Der vielfache Mißerfolg bei den bisherigen Versuchen, Farbenharmonien zu bilden, hatte seinen Grund darin, daß man in der Hauptsache nur auf den *Farbton* Rücksicht genommen hatte, die Beziehungen auf den Weiß- und Schwarzgehalt aber unberücksichtigt ließ oder nur rein gefühlsmäßig beachtete. Die widersprechenden Urteile über den harmonischen Gesamteindruck der Farbenzusammenstellungen sind fast durchgehends auf die mangelnde oder ungenügende Beachtung dieser Beziehungen zurückzuführen. Die Lösung des Problems lag demnach in der Aufgabe, die drei Veränderlichen der Farbe *gleichzeitig* in gesetzmäßige Beziehung zu bringen. Alle früheren Versuche, mittels der ursprünglich angenommenen Veränderlichen Farbton, Reinheit und Helligkeit eine gesetzmäßige Beziehung zwischen den Farbenzusammenstellungen her-

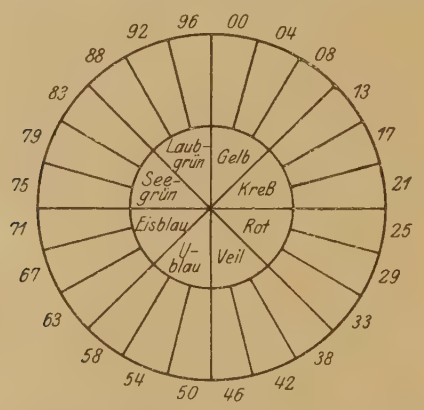


Fig. 1. Ostwaldscher Farbenkreis: die einander ähnlichsten Farben folgen einander in empfindungsgleichen Abständen.

zustellen, mußten an der Unmöglichkeit scheitern, diese drei Elemente nach dem einheitlichen Prinzip einer zahlenmäßigen Messung zu bestimmen und zu ordnen. Eine solche erwies sich erst auf Grund der neuen Elemente Farbton, Weißgehalt und Schwarzgehalt als möglich und durchführbar. Mußte doch noch im Jahre 1910 der amerikanische Gelehrte *Ogden N. Rood* den damaligen Stand des Problems der Farbenordnung dahin kennzeichnen, daß z. Z. weder „unsere Kenntnisse der Farbe noch die experimentellen Hilfsmittel genügend fortgeschritten seien, um uns einen Plan zu einer wissenschaftlichen Klassifikation der Farben auch nur vorzuschlagen. Und zwischen dem Vorschlag und der Ausführung würden noch viele mühselige Schritte liegen."

Die Ordnung der Farbtöne nach ihrer größten Ähnlichkeit und rein gefühlsmäßig zu erkennenden Verwandtschaft in Gestalt des in sich selbst zurücklaufenden *Farbenkreises* war von jeher gebräuchlich und allgemein anerkannt. Sie ist von *Ostwald* in mehreren wichtigen Punkten vervollständigt und gesetzmäßig festgelegt. Beginnt man mit dem *Gelb* als dem hellsten der reinen Farbtöne und läßt dem Uhrzeigerlauf folgend nach der roten Seite zu stets die ähnlichsten Farbtöne in empfindungsgleichen Abständen sich aufeinanderfolgen, so gelangt man in der Farbtonordnung von *Gelb* über *Kreß* (für *Orange*, von der Farbe der Kapuzinerkressenblüte), Rot, Veil (für Violett, von der Farbe des Veilchens), *Blau* und *Grün* wieder zum *Gelb* zurück und man erkennt, daß, je weiter man sich von einem gegebenen Farbton entfernt, die Töne zunehmend einander unähnlicher werden, bis man zu einem Punkt gelangt, wo das Gefühl uns sagt, die Unähnlichkeit sei am größten. Dies gilt für jeden einzelnen Farbton und wir nennen die der gegebenen Farbe jeweilig unähnlichste ihre *Gegen-* oder *Ergänzungsfarbe*. Die Zusammenstellung zweier Gegenfarben vermittelt uns stets einen besonders starken Farbeneindruck, indem sie sich gegenseitig in ihrer Wirkung steigern. Sie bilden die einfachste und eindringlichste Harmonie, die allerdings vielfach bereits zu gewöhnlich oder zu aufdringlich wirkt. Je blasser aber die einzelnen Gegenfarben genommen werden, um so sanfter wird ihre Wirkung. Daraus geht hervor, daß die Harmonie der Farben keineswegs allein durch den Farbton bedingt ist, sondern ebenso von dem Gehalt an Weiß (und Schwarz). Die *Gleichheit* des Weiß- (und Schwarz-)Gehaltes bedingt außer dem Farbton das harmonische Zusammenpassen der Farben. Im Farbenkreis steht jeder gegebenen Farbe ihre Gegenfarbe diametral gegenüber, so daß stets ein Paar von Gegenfarben sich an den Enden irgendeines Kreisdurchmessers befindet. Gelingt es nun, eine zweckmäßige Einteilung nur einer Hälfte des Farbenkreises zu finden, so sehen wir, daß durch das genannte Prinzip der Gegenfarben seine andere Hälfte automatisch mitgeordnet ist. Das Prinzip einer solchen rationellen Einteilung und Ordnung einer Hälfte des Farbenkreises gestaltet sich folgendermaßen: Bezeichnet man sämtliche Farbtöne des Farbenkreises (s. Fig. 1) mit fortlaufenden Zahlen, die beispielsweise von 0 bis 99 gehen, wenn der Farbenkreis in 100 Teile geteilt ist, so verlangt, wie gesagt, das Prinzip der Gegenfarben, daß die Nummern der Farben jedes Paares um die Hälfte des so eingeteilten Kreises, also um 50 voneinander verschieden sind. Bezeichnet man z. B. irgendeine Farbe mit 20 — in dem 100teiligen Farbenkreise ist es ein Mennigrot —, so hat die Ergänzungsfarbe, ein grünliches Blau, notwendig die Zahl 70 zu bekommen, weil sie im Farbenkreis der Zahl 20 gegenüberstehen muß. Das neue Prinzip sagt nun, daß, wenn zwei Farben irgendwelche Nummern haben, dann diejenige Farbe, die durch optische (s. w. u.) Vermischung gleicher Anteile von beiden entsteht, eine Nummer bekommen muß, welche genau in der Mitte von beiden liegt. Mischt man das erwähnte Mennigrot 20 etwa mit einem Karminrot 30, so bekommt das Mischprodukt, ein Zinnoberrot, die Nummer 25, wenn es aus gleichen Teilen der beiden gegebenen Farben hergestellt wird. Nimmt man verschiedene

Teile, so läßt sich jeder beliebige Farbton zwischen 20 und 30 erzeugen.

Selbst für wissenschaftliche Ansprüche genügen die nach dem genannten Prinzip aus dem stetigen Farbenkreis ausgewählten 100 gleichabständigen Punkte, deren Abstufungen so fein sind, daß sie schon etwas schwierig zu unterscheiden sind. Sie nähern sich also bereits der Unterschiedsschwelle. Man beginnt — natürlich willkürlich, da es in einem Kreise an einem eindeutig bestimmbaren Anfangs- oder Endpunkt fehlt — bei 00 mit dem an der Grenze des Grünlichen stehenden Schwefelgelb, der hellsten Farbe, die es gibt. Bei 13 beginnt Kreß, bei 25 Rot, bei 38 Veil, bei 50 Ublau, bei 63 Eisblau, bei 75 Seegrün, bei 88 Laubgrün.

Für praktische Zwecke braucht man indes nicht bis zur Unterschiedsschwelle zu gehen. Hier genügen drei Stufen von jeder der genannten acht Hauptfarben, so daß man insgesamt 24 Stufen erhält. Die mittlere der drei Stufen stellt dann jedesmal den Vertreter der acht Hauptfarben dar.

Die bereits erwähnte Bezeichnung der Gegenfarben als *Ergänzungsfarben* geht auf eine besonders wichtige Beziehung dieser einzelnen Farben zurück, die darin besteht, daß diese Gegenfarben miteinander in gleichen Verhältnissen gemischt, ein neutrales unbuntes Grau ergeben. Freilich bezieht sich diese schon längst bekannte Gesetzmäßigkeit nicht auf die Vermischung entsprechend gefärbter *Pigmente,* also im Sinne der gebräuchlichen Farb*stoffe,* denn dann entstehen komplizierte Verhältnisse, auf die hier mit der notwendigen Kürze nicht eingegangen werden kann. Vielmehr muß die Farbenmischung *optisch* erfolgen dergestalt, daß man die Lichtstrahlen von beiden farbigen, in diesem Falle also gegenfarbigen Flächen oder Farbaufstrichen her in das Auge leitet. Eine derartige optische Vermischung, und zwar in jedem beliebigen Verhältnis, geschieht in einfachster Weise mittels eines von *Ostwald* konstruierten *Polarisationsfarbenmischapparates,* unter dem die Mischfarben betrachtet und mit einem dazugelegten neutralgrauen Aufstrich verglichen werden können. Entfernt man sich bei der Mischung zweier farbiger Aufstriche auch nur ein wenig von dem Gegenfarbenpaar, d. h. liegen die Mischfarben im Farbenkreis etwas näher beieinander, so ergibt die Mischung nicht mehr das reine neutrale Grau, sondern entsprechend dem jeweiligen Anteil der beiden Mischfarben den in der Mitte des kürzeren Kreisbogens liegenden Farbton, dessen Reinheit um so größer wird, je mehr sich die beiden Mischfarben im Farbenkreise einander nähern. Das gemischte Produkt ist stets jeder der beiden Mischfarben ähnlicher, als diese beiden es untereinander sind.

Rein nennt man bekanntlich eine Farbe, welche nur einen bestimmten Farbton zum Ausdruck bringt und keinen trüben, d. h. unbunten, farblosen Anteil enthält oder unserem Empfinden nach vermuten läßt. Absolut reine Farben kennen wir indes nur in den reinen Lichtern des Spektrums; in künstlichen Aufstrichen und Ausfärbungen kann man sie aber ebensowenig erreichen wie reines Weiß oder Schwarz. Enthält eine Farbe neben dem bunten Anteil noch einen unbunten (Weiß, Grau oder Schwarz) oder läßt einen solchen empfinden, so nennen wir sie *gebrochen* oder *trübe.* Fast alle Farben, denen wir im täglichen Leben begegnen, sind mit mehr oder weniger großen Graubeimengungen getrübt, auch wenn sie uns den Eindruck größter Rein- und Echtheit vermitteln.

Genau genommen gehört an jeden Ort im Farbenkreise nicht nur ein einziger Farbton, nämlich der reinste, sondern ein ganzes Geschlecht von Farben, die zwar in bezug auf ihren *Farbton* als maßgebenden Faktor zur Einordnung in die geschlossene Reihe des Farbenkreises übereinstimmen, in bezug auf ihre *Reinheit* und *Grauzumischung* aber die allergrößten Verschiedenheiten aufweisen können. Indes haben auch diese trüben Farben mit ihren großen Unterschieden der Reinheit und Helligkeit als Abkömmlinge ein- und desselben reinen Farbtons die Eigenschaft, mit ihrer Gegenfarbe gemischt neutrales Grau zu ergeben, wobei sie nur um so mehr oder weniger von der Gegenfarbe beanspruchen, je trüber oder reiner sie selbst sind. Die Feststellung, daß das Ergebnis der Mischung zweier Farben durch den Farbton allein nicht eindeutig bestimmt wird, sondern von dem Reinheitsgrade der beiden benutzten Farben abhängt, ist aus dem Grunde so wichtig, weil sie uns ein Mittel an die Hand gibt, den Reinheitsgrad jeder Farbe zu bestimmen, wodurch erst die rationelle Einteilung des Farbenkreises nach dem Prinzipe der „inneren Symmetrie" ermöglicht wird. Da jede beliebige Farbe aus einem Bruchteil der reinen oder gesättigten Farbe („Vollfarbe"), einem Bruchteil Weiß und einem Bruchteil Schwarz besteht, welche drei Bruchteile sich einander zur Einheit ergänzen, so läßt sich, falls sich diese beiden letzten Größen als meßbar erwiesen, die Reinheit durch Abzug dieser beiden Bruchteile von der Einheit feststellen. Dazu ist es notwendig, vorerst die Ordnung der grauen oder unbunten Farben festzulegen.

Während die Herstellung eines *absoluten Schwarz* durch eine kleine Öffnung in einem innen geschwärzten Kasten längst bekannt war, mußte die Frage nach dem *absoluten Weiß* trotz ihrer theoretischen Lösung durch *Lambert* erst ins Reine gebracht werden. Absolut weiß ist bekanntlich eine Fläche, welche das auffallende Licht unter allseitiger Zerstreuung vollständig zurückwirft. Technisch stellt eine mit reinstem Barytweiß gedeckte matte Fläche die beste Annäherung an das Ideal dar, indem sie nur etwa 1 % des auffallenden Lichtes verschluckt. Kreide dagegen hat nur die Helligkeit 80, d. h. ein Aufstrich von Kreide wirft $^{80}/_{100}$ der auffallenden Lichtmenge zurück. Demgemäß wird jedes Grau durch den in

Hundertsteln ausgedrückten Bruchteil des Lichtes gekennzeichnet, welchen es zurückwirft. Aus den beiden Bestandteilen des dem Ideal angenäherten Weiß und Schwarz lassen sich nun durch bemessene Mischung alle grauen Farben stufenweise herstellen und gemäß ihrem Weiß- und Schwarzgehalt kennzeichnen.

Es bestehen aber zwischen Schwarz und Weiß noch folgende wichtige Beziehungen, welche mit dem psychophysischen Grundgesetz von *Fechner* über das Verhältnis zwischen Reiz und Empfindung zusammenhängen. Es werden nämlich die Abstufungen zwischen Weiß und Schwarz, welche gleichen *Unterschieden* des Weißgehaltes (oder der Helligkeit) entsprechen, also in einer *arithmetischen* Reihe zu- oder abnehmen, keineswegs als gleich abständig empfunden. Vielmehr müssen die Helligkeiten vom absoluten Weiß nach einer *geometrischen* Reihe, also in gleichem *Verhältnis* abnehmen, wenn die Stufen als gleichabständig empfunden werden sollen. Bezeichnet man in Anwendung des Zehnerprinzips, das wir durchgängig unseren Messungen und Zählungen zugrunde legen, das absolute Weiß, welches alles Licht zurückwirft, mit 100, das absolute Schwarz, welches alles verschluckt, mit 00, so gelangt man zu folgender Einteilung der Graureihe:

100	79	63	50	40	32	25	20	16	13	10	
10,0	7,9	6,3	5,0	4,0	3,2	2,5	2,0	1,6	1,3	1,0	usw.

Das ergibt von 100 bis 10 zehn Stufen und ebensoviele zwischen 10 und 1; zwischen 1 und 0,1 wären weitere 10 Stufen einzuschalten und so ins Unendliche, gemäß den Eigenschaften der geometrischen Reihen. Da aber alle schwarzen Flächen noch meßbare Mengen Weiß enthalten, kommt man praktisch kaum über die zweite Reihe hinaus. Aus dieser Teilung der Graureihe lassen sich nun bestimmte *Normen* ableiten, die, ähnlich wie die *Töne* der musikalischen Tonleiter, für die Zwecke der Farbenharmonie aus allen möglichen ausgewählt und unter Ausschluß aller anderen benutzt werden. Sie ergeben sich als Mittelwerte der durch die geometrische Reihe abgeteilten Gebiete; so ist zwischen 100 und 79 der Mittelwert 89, zwischen 79 und 63 ist er 71 usw. Wenn wir diesen Normen die kleinen Buchstaben a, b, c, .., zuordnen, so lautet die Tabelle der „unbunten Normen" folgendermaßen:

Weiß	89	71	56	45	36	28	22	18	14	11	9
Schwarz	11	29	44	55	64	72	78	82	86	89	91
Zeichen	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l

Weiß	7	5,6	4,5	3,6	2,8	2,2	1,8	1,4
Schwarz	93	94,4	95,5	96,4	97,2	97,8	98,2	98,6
Zeichen	m	n	o	p	q	r	s	t

Die in der Reihe „Schwarz" befindlichen Zahlen geben den Gehalt an Schwarz in dem entsprechenden Grau an, der den an Weiß jedesmal zu 100 ergänzt. Da diese nach dem Zehnerprinzip gefundenen Stufen in vielen Fällen schon so eng sind, daß jede zweite übersprungen werden kann, so dienen als Gebrauchsnormen der unbunten Reihe die Stufen a, c, e, g, i, l, n, p, r, t.

Stellt man diese Normen in Gestalt einer Rahmenleiter zusammen, in der die sich aufeinanderfolgenden Graustufen wie die Sprossen einer Leiter in gleichen Zwischenräumen angebracht sind, so läßt sich mittels einer solchen *Grauleiter* mit einem Blick feststellen, welche Helligkeitsstufe eine zwischen die entsprechenden Sprossen gelegte und zu messende Fläche hat. Auch für nichtgraue, d. h. bunte Farbtöne, läßt sich eine solche *Helligkeitsmessung* bei einiger Aufmerksamkeit überraschend leicht ausführen.

Wie sich aus der Anordnung der Farbtonreihe auf einer Kreislinie, und aus der Anordnung der grauen Farbstufen in einer gradlinigen Leiter mit den Endpunkten Weiß und Schwarz ergibt, handelt es sich bei diesen Gruppen um *einfaltige* Reihen. Weitere Gruppen einfaltiger Reihen ergeben sich aus der Vermischung der reinen Farbtöne des Farbenkreises (*Vollfarben*) mit Weiß und mit Schwarz; die mit Weiß gemischten Töne sind die *hellklaren*, die mit Schwarz gemischten die *dunkelklaren* Farben. Diese einfaltigen Reihen beginnen also mit der Vollfarbe und endigen im Weiß bzw. Schwarz. Auch bei ihrer Einteilung in empfindungsgleiche Stufen macht sich das *Fechner*sche Grundgesetz geltend, demzufolge man zu reinem Weiß ziemlich bedeutende Mengen reiner Farbe (oder Schwarz) setzen kann, bevor das Weiß dem Auge deutlich verändert erscheint. Umgekehrt ist das reine Schwarz äußerst empfindlich gegen sehr geringe Mengen reiner Farbe (oder Weiß). Es muß also auch bei den hell- und dunkelklaren Reihen der Weiß- bzw. Schwarzgehalt nach einer geometrischen Reihe abnehmen, um für die Empfindung gleichabständige Stufen zu ergeben. Aus der Ähnlichkeit dieser beiden Reihen gleichen Farbtons mit der Graureihe ergibt sich eine ganz entsprechende Normung für sie, wie sie weiter oben für die Graureihe festgesetzt ist. Dieselben Mengen, gemäß den Buchstaben a, e, g, i, l, n, p, r, t, welche die Weißgehalte der grauen Stufen kennzeichnen, sind auch für die Normen der hellklaren Reihen maßgebend und man kann daher diese Farben eindeutig bezeichnen, wenn man den Farbton durch die entsprechende Nummer im Farbkreis und den Weißgehalt durch seinen Buchstaben angibt. Ganz dasselbe gilt für die dunkelklaren mit Schwarz gemischten Reihen, während aber bei den hellklaren Farben die Vollfarbe die

Rolle des Schwarz übernommen hatte (weil Weiß der andere Bestandteil war), übernimmt sie in der dunkelklaren Reihe die Rolle des Weiß (weil hier Schwarz der andere Bestandteil ist).

Die Gesamtheit der stetigen hell- und dunkelklaren Farbtonreihen kann man sich durch eine figürliche Darstellung in Gestalt einer Kreisfläche versinnbildlichen, deren begrenzende Peripherie durch die einfaltige Reihe der Vollfarben gebildet wird, während auf den Radien durch stetige gleichmäßige Zumischung von Weiß bzw. Schwarz die hell- bzw. dunkelklaren Reihen zu liegen kommen, bis im Mittelpunkt das reine Weiß bzw. Schwarz erreicht wird. Nach ihrer Wirkung auf unser Gefühl bezeichnen wir die hell- und dunkelklaren Farben im Gegensatz zu den reinen, gesättigten Vollfarben als *ungesättigte reine* Farben und bringen dadurch zum Ausdruck, daß ihnen die Mischungen von Weiß *und* Schwarz zu Grau fehlen. Wenn sie auch unserem Gefühl als reine Farben imponieren, so stellen sie doch nicht das Ideal dar, da es praktisch völlig weiß- bzw. schwarzreine Farben nicht gibt. Da aber kleine Mengen Schwarz neben viel Weiß oder Vollfarbe kaum empfunden werden (s. o.), so ist die praktische Annäherung an die hellklaren Farben viel vollständiger als an die dunkelklaren, wo die geringsten Mengen Weiß neben Vollfarbe und Schwarz sich der Empfindung aufdrängen. Dem Ideal der dunkelklaren Farben entsprechen am meisten diejenigen Farbtöne, die wir z. B. an alten Kirchenfenstern bewundern, deren tiefer oder „glühender" Farbencharakter von der fast völligen Abwesenheit weißer Anteile in den Farben herrührt. Die neueren Kirchenfenster, in denen sehr viele weiße Stellen vorkommen, zeigen entfernt nicht denselben Farbencharakter wie die alten, bei denen gerade solche Bestandteile auf das sorgfältigste vermieden sind.

Zu den Abkömmlingen der reinen Farbe infolge Zumischung zunehmender Mengen von Weiß *oder* Schwarz gesellt sich das große Heer derjenigen, welche gleichzeitig Weiß *und* Schwarz enthalten. Wir nennen sie die „trüben" oder „gebrochenen" Farben. Genau genommen sind alle Körper- und Flächenfarben trübe, weil alle mehr oder weniger Weiß und Schwarz neben der Vollfarbe enthalten. Die Normen im Gebiet der trüben Farben bestimmen sich durch dieselben Stufen, wie sie oben für die klaren Farben festgestellt wurden. Demgemäß wird jede trübe Farbe durch die zwei Ziffern ihres Farbtons aus dem Farbenkreise und die Buchstaben für den Weiß- und Schwarzgehalt bezeichnet. Die figürliche Ordnung aller Abkömmlinge eines Farbtons ergibt sich auf Grund der genannten Bestimmungsstücke, indem man ein gleichseitiges Dreieck (s. Fig. 2) zeichnet, in dessen Ecken Vollfarbe (V) links, Weiß (W) oben und Schwarz (S) unten zu stehen kommen, und in diesem *farbtongleichen Dreieck* die Farben folgendermaßen ordnet: Zwischen V und W liegen alle hellklaren, zwischen V und S alle dunkelklaren Farben, während zwischen W und S die unbunten grauen Farben untergebracht sind. Innerhalb des Dreiecks liegen alle trüben Farben, und zwar jede so, daß die Entfernung des zugehörigen Punktes von den drei Seiten das Maß für den Gehalt der Farbe an Vollfarbe, Weiß und Schwarz bildet. Je mehr Vollfarbe die trüben Farben enthalten oder je reiner sie sind, um so mehr ordnen sie sich um V. Je mehr Weiß sie enthalten oder je heller sie sind, um so näher ordnen sie sich um W. Je mehr Schwarz sie enthalten oder je dunkler sie sind, um so mehr ordnen sie sich um S. Enthalten sie endlich annähernd gleiche Teile von den dreien, so liegen sie in der Mitte des Dreiecks. Die Entfernungen des der trüben Farbe zugehörigen Punktes von den drei Dreiecksseiten bestimmen daher das Maß für den Gehalt der Farbe an Vollfarbe, Weiß und Schwarz. Auf diese Weise findet jede mögliche Mischung aus den drei Bestandteilen ihren ganz bestimmten Ort, und jedem Punkt des Dreiecks entspricht eine besondere Farbe. Parallel der Seite VS verlaufen die *Weißgleichen*, d. h. die Linien, in denen alle Farben gleichen Weißgehalts liegen; ebenso verlaufen parallel zu VW die *Schwarzgleichen*. Die hellklaren Farben sind daher die äußersten Schwarzgleichen, in denen $S = 0$ ist; die dunkelklaren die äußersten Weißgleichen, in denen $W = 0$ ist. Parallel zu WS endlich liegen die *Reingleichen*, die Farbgleichen gleichen Gehalts an Vollfarbe. Die äußerste Reingleiche ist die Weiß-Schwarz-Reihe, in der V gleich 0 ist. Naturgemäß muß man auch hier zur Ordnung der Farben innerhalb des Dreiecks gemäß den Stufen der Empfindung nach dem *Fechner*schen Gesetz die Einteilung so verschieben, daß die Punkte dieser geometrischen Reihe gleiche Abstände erhalten. Zu diesem Zweck muß das Dreieck gemäß den Logarithmen der Zahlen eingeteilt werden, welche die Zusammensetzung darstellen, wodurch die Empfindungsstufen zu derselben unmittelbaren Darstellung gelangen, wie sie schon oben festgestellt und mit den Buchstaben a, b, c, ... bezeichnet wurden. Das Dreieck zerfällt dann je nach der Zahl der gewählten Stufen in entsprechend viele Rauten, von denen jede durch die zugehörigen Buchstaben für den Weiß- und Schwarzgehalt bezeichnet wird.

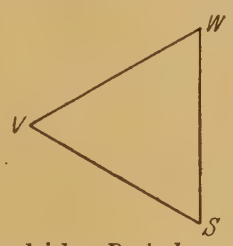


Fig. 2. *Farbtongleiches Dreieck* zur Einordnung aller Abkömmlinge, die aus *einem* Farbton (V) durch *gleichzeitige* Zumischung von Weiß (W) und Schwarz (S) entstehen.

Theoretisch enthält das farbtongleiche Dreieck unbegrenzt viele Farben, denn da die drei Be-

standteile der Farbe sich stetig ändern können, ist auch das Dreieck mit stetig ineinander übergehenden Farben erfüllt. Dadurch aber, daß ebenso wie für die reinen Farben des Farbenkreises und für die grauen Farbtöne der Weiß-Grau-Schwarzreihe natürlich auch für die trüben Farben eine endliche Unterschiedsschwelle besteht, wird bewirkt, daß die Zahl nicht unendlich groß ist, und es ist daher zweckmäßig, eine begrenzte Anzahl Stufen zu unterscheiden. Durch die oben beschriebene Entstehungsweise aus der 8stufigen Graureihe ist die Einteilung des ganzen farbtongleichen Dreiecks in 36 Felder bereits gegeben, von denen 8 unbunt, die anderen 28 bunt sind, und die für praktische Zwecke völlig ausreichen. Für die 28 bunten Felder multipliziert sich die Zahl sämtlicher als Farbnormen zu benutzenden Farbtöne um die Zahl der aus dem Farbtonkreis gewählten Farbnormen, für die, wie wir sahen, 24 Farbtöne genügen. Wir gelangen so zu einer Gsamtzahl von $28 \times 24 = 672$, wozu noch die 8 unbunten Farben kommen = 680 Farbnormen.

Auf die beschriebene Weise können wir die gesamte Welt der Farben ordnen und in ihr die Normen bestimmen, welche man einhalten muß,

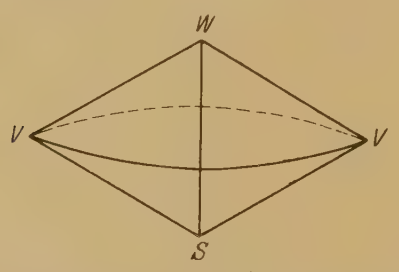


Fig. 3. *Farbenkörper* (Doppelkegel) zur räumlichen Darstellung der gesamten Farbenwelt.

um sie allgemein in Harmonie setzen zu können. Zunächst läßt sich jede Farbe von gegebenen Werten für Farbton, Weiß- und Schwarzgehalt als einen Punkt eines *Farbkreises* auffassen, in welchem nur der Farbton wechselt, während der Weiß- und Schwarzgehalt derselbe bleibt. Jeder derartige Kreis enthält deshalb „gleichwertige" Farben, denn was der Maler nach seinem Gefühl „Valeur" einer Farbe nennt, ist durch den Schwarz- und Weißgehalt zahlenmäßig bestimmt. Solche gleichwertige Farben wirken bei der Zusammenstellung unmittelbar harmonisch; bringt man unter sie eine Farbe anderen Wertes, so „fällt sie heraus", wie die Maler sagen.

Indem man alle derartigen Farbkreise methodisch um eine gemeinsame Achse ordnet, als welche sich nach den obigen Darlegungen ohne weiteres die Weiß-Grau-Schwarzlinie ergibt, und die durch das farbtongleiche Dreieck gegebene Ordnung die Abkömmlinge eines jeden reinen Farbtons anwendet, braucht man nur durch jeden einzelnen Farbton den entsprechenden Farbkreis zu legen, um die Gesamtheit aller Farben zu erfassen. Wir gelangen so zu einer räumlichen Darstellung der gesamten Farbenwelt, dem *Farbenkörper*, in Gestalt eines Doppelkegels (s. Fig. 3). Hier finden sich die Farbtonkreise wieder, die in den Flächenbildern der farbtongleichen Dreiecke nicht in die Erscheinung treten konnten. Auf der Kreislinie des größten Umfangs des Doppelkegels liegen die reinen gesättigten Töne der Vollfarben, der obere Kegelmantel ist von den hellklaren, der untere von den dunkelklaren Farben bedeckt, die in ihrer Sättigung abnehmend oben in der Spitze Weiß, unten in der Spitze Schwarz erreichen. Im Innern des Kegels liegen alle trüben Farben geordnet. Durch Zerschneiden des Kegels in einer Ebene, die durch seine Achse geht, erhält man zwei Farbdreiecke nebeneinander, die zwei Gegenfarben angehören und an der grauen Mittellinie aneinanderstoßen. Zerschneidet man ihn durch einen Zylinder, der dieselbe Achse hat, so erhält man alle Farben gleicher Reinheit. Parallelschnitte zu den beiden Kegeln ergeben die Farben gleichen Weiß- bzw. Schwarzgehaltes. Eine nach den oben beschriebenen Grundsätzen vom Verlag Unesma, Leipzig, hergestellte Farbensammlung, ein Werk, das 12 gleichabständige Achsenschnitte durch den Farbkörper in Gestalt handgefärbter Kupferdrucktafeln wiedergibt, läßt uns eine anschauliche Vorstellung von der großen und ruhevollen Schönheit gewinnen, welche solchen naturgesetzlich geordneten Farbgruppen eigen ist. Obwohl auf diesen Hauptschnitten die reinsten und lebhaftesten Farben verwendet sind, die sich auf Papier herstellen lassen, und obwohl dazu noch die Gegenfarben nebeneinandergestellt sind, welche den stärksten aller möglichen Kontraste miteinander bilden, wirkt doch eine solche Tafel mit vollendeter Harmonie. Das kann auch gar nicht anders sein; denn Harmonie und Naturgesetzlichkeit sind im Reiche der Farben ebenso wie im Reiche der Töne nichts anderes als Wechselbegriffe, von denen einer den anderen bedingt. Die Tafeln sind daher ein hervorragendes Hilfsmittel, sich die Gesetze der Farbharmonien anschaulich zu machen, denen alle und jede Verwendung der Farbe zu künstlerischen und kunstgewerblichen Zwecken unterworfen ist.

Die Farbnormen, deren Entstehung auf der neuen systematischen Grundlage wir oben gekennzeichnet haben, bilden die Grundlage, auf der sich alle farbigen Harmonien aufbauen lassen. Bisher waren es nur die *farbtonverschiedenen* Harmonien, die man in Anwendung zu ziehen bestrebt war, wenn auch vielfach in unvollkommener Weise, weil die Gesetze dafür noch unbekannt waren, und überdies meist ein falsch geteilter Farbenkreis benutzt wurde. Ihr Hauptgesetz besteht einmal in der Verbindung nur *gleichwertiger* Farben, d. h. solcher mit gleichem Weiß- und Schwarzgehalt, und weiter in der Verwendung von *gleichabständigen* Farbtönen aus dem rationell in 100 Teile geteilten Farbenkreis, die sich aus den Nummern mit gleichen Unterschieden ergeben. Natürlich muß auch in dem etwa zugefügten

Grau die Gleichwertigkeit und Gleichabständigkeit gewahrt bleiben. Denn auch für die *grauen* Farbtöne besteht die harmonische Gesetzlichkeit der Gleichabständigkeit und es folgt hieraus als weitere Selbstverständlichkeit, daß *farbtongleiche* Harmonieverbindungen ebenfalls auf Gleichabständigkeit der in Betracht kommenden Stufen beruhen. Als weitere Möglichkeit gesellt sich hierzu die gesetzmäßige Verwendung gleich heller Farbtöne. Man erkennt, eine wie außerordentlich vielseitige Anwendung diese Grundgesetze der Farbharmonik gestatten, so daß von der Möglichkeit einer Erschöpfung ihres Inhaltes nicht entfernt die Rede sein kann.

Die solcherart festgelegten Punkte im Farbkörper sollen die Norm oder das praktische Ideal darstellen, dem jede willkürlich angewendete Farbe anzunähern ist. Es soll durch sie in der Farbwelt von vornherein eine „Normierung" festgelegt werden, ähnlich derjenigen, durch welche seinerzeit die Musik erst ermöglicht wurde, und welche z. Z. als leitender Gedanke die ganze Technik beherrscht. Für alle Berufe, welche mit der Färbung von Gegenständen zu tun haben, bedeutet die Beschränkung auf so wenig Fälle oder Muster, als die tatsächlichen Bedürfnisse gestatten, einen großen Gewinn. Gewöhnt sich der Verbraucher daran, nur geregelte Farben zu benutzen, so braucht der Fabrikant nur solche herzustellen, deren Zusammensetzung ein für alle Mal ermittelt ist, und ist nicht mehr wie bisher auf Probieren nach eingesandten Mustern mit all den damit verbundenen Nachteilen, Unsicherheiten und Unbequemlichkeiten angewiesen. An der Hand dieser festen Punkte wird er mit Leichtigkeit und größerer Sicherheit auch anderen weitgehenderen Anforderungen entsprechen können. Ein weiterer unmittelbarer Vorteil der neuen Regelung, der in erster Linie dem Kunstgewerbe zugute kommen wird, liegt in der nunmehr erreichten Möglichkeit, aus den mit geregelten Farben ausgestatteten Gebrauchs- und Schmuckgegenständen zusammenpassende auszuwählen. Man braucht sie nicht einmal nebeneinander zu sehen, denn da z. B. Farben gleichen Weiß- und Schwarzgehalts stets als zusammengehörig und harmonisch empfunden werden, genügt für die Erkennung und Bewertung ihres harmonischen Zusammenstimmens die einfache Beachtung ihrer entsprechenden Farbzeichen. Es muß daher das durch die neue Farbenlehre gelöste Problem, sämtliche denkbaren und möglichen Farben in eindeutiger Weise mündlich und schriftlich zu bestimmen, von einem Jeden, der mit Farben, sei es zu praktischem Gebrauch, sei es auch nur zur Beschreibung bestimmter Färbungen zu tun hat, als ein Fortschritt von hervorragendster Wichtigkeit und Tragweite begrüßt werden. Von jeher ist die Dürftigkeit der Sprache in der Beschreibung von Farben als ein großes Hindernis empfunden worden, denn mit den wenigen und unbestimmten Bezeichnungen gelb, rot, orange, blau, grün, violett, purpur, weiß, schwarz, grau und ihren Verbindungen miteinander sowie mit hell und dunkel für die Helligkeitsabstufungen, wozu noch für die minder reinen Farben Worte wie rosa, lila, braun, oliv usw. hinzukommen, ließ sich die Mannigfaltigkeit der Farben selbstverständlich nicht annähernd erschöpfen.

Man könnte auf den Gedanken kommen, daß durch die Festlegung der Farbnormen ähnlich den Tönen der musikalischen Tonleiter der freien Entfaltung der Kunst Gewalt angetan, und daß durch kunsttechnische Fortschritte solcher Art die wahre Kunst in ihrer Erhabenheit bedroht werden könnte. Wer die Verbesserung der technischen Hilfsmittel als „unkünstlerisch" verwerfen zu müssen glaubt, sei an das nach ganz ähnlichen Prinzipien der „Normierung" technisch aufgebaute Klavier erinnert, dessen Musikliteratur einen größeren Gesamtkunstwert darstellt, als diejenige für alle anderen Einzelinstrumente zusammen, die sich zudem fast nur noch in Begleitung des Klaviers in die Welt hinaus getrauen. Die ganze Sorge um eine Beeinträchtigung der freien Kunst durch verstandesmäßige Regeln ist schon deshalb gegenstandslos, weil es weder beabsichtigt noch überhaupt möglich ist, einen solchen törichten Zwang auszuüben. Wenn aber, was allerdings beabsichtigt ist, durch diese Bestrebungen der Sinn für schöne Farbenklänge in die breitesten Massen getragen wird, dann werden den größten Gewinn von einem solchen Fortschritt grade die Künstler haben, weil sie dann auf eine um so größere Teilnahme und Wertschätzung für ihre eigenen Werke rechnen können; ganz abgesehen davon, daß sie selbst auf der richtigen Grundlage viel wirksamer zu schaffen vermögen, als ohne sie. Ob überhaupt und inwieweit sich die freie Kunst der neuen Arbeitsmittel bedienen wird, welche die Farbenlehre bietet, ist eine Angelegenheit, die allein von den Künstlern selbst als den Nächstbeteiligten zu entscheiden ist.

Zum Schluß noch einige Worte über die *unterrichtenden* Möglichkeiten der neuen Farbenlehre. Während die Unvollkommenheiten der bisherigen Farbenlehre sich grade darin äußerten, daß ihr Unterricht nur sehr unbefriedigende Resultate ergab, wie es bei einem so ungeordneten und unklaren Gebiete auch nicht anders zu erwarten war, hat sich im Gegensatz dazu die neue Farbenlehre von vornherein als so gut lehrbar erwiesen, daß bereits die im Beginn der neuen Entwickelung veröffentlichte „Farbenfibel" (Verlag Unesma, Leipzig) ihr eine große Anzahl dankbarer Schüler zugeführt hat. Ihr Zweck, die neue Farbenlehre in den elementaren Unterricht der Gewerbe- und Fortbildungsschulen, ja vielleicht sogar der Volksschulen einzuführen, wird sich um so leichter erreichen lassen, als im Gegensatz zu den Tönen, wo das gedächtnismäßige Wiedererkennen bestimmter Tonhöhen eine seltene Gabe ist, ganz allgemein auch beim Ungeschulten eine Fähigkeit besteht, Farben zu erkennen, die durch Übung

sehr gesteigert werden kann. Die im Farbkörper verwirklichte Ordnung aller Farben ermöglicht einem Jeden das Verständnis und die schnelle Orientierung in der Farbenwelt und erleichtert ihm das Arbeitsgebiet durch klare und bestimmte Anschauungen über die Natur der Farben an Stelle der bisher nur gefühlsmäßig empfundenen Zusammenhänge. Der schon von *Goethe* mit Eifer verfolgte Gedanke, auch den Unbegabten durch die Festlegung gesetzmäßiger Regeln der Farbharmonik in der Farbenwelt heimisch zu machen, kann durch die neue Harmonielehre endlich als erreicht betrachtet werden.

Besprechungen.

Ungerer, Emil, Die Regulationen der Pflanzen. Ein System der teleologischen Begriffe in der Botanik. Berlin, J. Springer, 1919. XI, 260 S. Preis M. 26,— und 10 % Teuerungszuschlag.

Ungerers Buch will zwei Wissenschaften angehören: der *Botanik*, sofern es pflanzenphysiologische Tatsachen ordnet; der Logik, sofern es die dabei verwandte Ordnungs- und Betrachtungsweise, nämlich die teleologische, untersucht. Der Verfasser stellt sich die Doppelaufgabe, die grundsätzliche Berechtigung dieser Betrachtungsweise darzutun und sie auf das gesamte Tatsachengebiet der Botanik anzuwenden.

Er beginnt also mit einer Grundlegung der Teleologie. Ausgehend von *Kants* „Kritik der Urteilskraft" streift er die Lehren über das Verhältnis von Teleologie und Kausalität bei einigen neueren Philosophen, um dann seinen eigenen, an *Driesch* orientierten Standpunkt darzulegen. Der eigentliche Stammbegriff, welcher der teleologischen Betrachtung zugrunde liegt, ist nicht der des Zweckes, sondern der der *Ganzheit*. Bei der teleologischen Betrachtungsweise eines Vorgangs am Organismus handelt es sich nicht darum, ob er irgendeinem Zweck sich unterordnen läßt, sondern darum, ob er zur Erhaltung der Ganzheit des Organismus beiträgt. Diese Betrachtungsweise schließt an sich keine Stellungnahme im Mechanismus-Vitalismus-Streit ein.

U. stellt nun seine teleologische Betrachtung durchaus auf *Vorgänge*, nicht aber auf *Einrichtungen* ein: „. . . nur *Vorgänge*, nicht aber *Einrichtungen* können Ganzheit-erhaltend im Werden genannt werden" (S. 24). Ich kann hier dem Verfasser nicht ganz zustimmen. Gewiß ist die Forderung berechtigt, die Betrachtung ganzheiterhaltender Vorgänge und die zweckmäßiger Einrichtungen prinzipiell auseinanderzuhalten; doch scheint mir *Ungerers* Definition: „. . . Die teleologische Methode anwenden, heißt: die Vorgänge (!) an den Organismen daraufhin untersuchen, wie weit ihnen der Charakter der Ganzheiterhaltung zukommt" (S. 22), eine sehr bedenkliche Einengung der biologischen Teleologie zu fordern.

Die teleologische Feststellung, daß ein Vorgang den Charakter der Ganzheiterhaltung trägt, steht natürlich mit der kausalen Betrachtung und Erklärung dieses Vorganges durchaus nicht in Konflikt. Man darf einem Vorgang teleologische, d. h. Ganzheiterhaltung betreffende Bedeutsamkeit nicht absprechen, weil er durch irgendeinen Mechanismus kausal erklärbar ist.

Der Begriff der „Ganzheit" als Grundbegriff der teleologischen Betrachtungsweise hat gewisse Schwierigkeiten. Die Pflanze ist als „Ganzes" nie fertig, wie das Tier es ist; fertig sind bei ihr nur Teile. Ref. möchte hier darauf hinweisen, daß es überhaupt seine Härten hat, wenn man gewisse teleologisch bedeutsame Vorgänge als ganzheit-erhaltend bezeichnen will. Die Autotomie (Selbstverstümmlung), die wir im Tierreich so häufig finden, die aber auch im Pflanzenreich ihr Analogon hat (auf das *Ungerer* an anderer Stelle zu sprechen kommt), kann man zwar allenfalls als ganzheiterhaltend bezeichnen; da dabei (also etwa bei Abwerfen eines vom Feinde gepackten Beines) aber genau genommen der Ganzheit des Organismus Abbruch geschieht, um das Leben zu erhalten, möchte man den Ausdruck „lebenerhaltend" vorziehen. Zweckmäßig wären demnach Vorgänge und Einrichtungen, die „mäßig", d. h. *angemessen* sind zur Erhaltung und Förderung des Lebens, zweckstrebig und damit schon teleologisch bedeutsam auch solche Vorgänge und Einrichtungen, die eine Tendenz, wenn auch eine nicht oder nicht recht angemessene, zur Lebenserhaltung oder -förderung zeigen, wie z. B. die Bewurzelung abgetrennter Blätter, welche keine Sprosse erzeugen können.

Damit wollen wir nun dem Begriff der Ganzheit seine Bedeutung für die Biologie keineswegs abstreiten. *Ungerer* unterscheidet außer der Ganzheit des Organismus schlechthin die der Form, die des geordneten Zusammenhanges der Stoffwechselfunktionen und die des geordneten Ablaufes eines Bewegungsgefüges.

Ganzheiterhaltende Vorgänge am Organismus, die unter „normalen" äußeren und inneren Bedingungen verlaufen, sollen *harmonisch (Harmonien; Driesch)* heißen. Äußere oder innere Vorgänge, welche die „normale" Ganzheit völlig oder teilweise aufheben, werden als Störungen bezeichnet. Ganzheiterhaltende bzw. -wiederherstellende Vorgänge, die auf Grund von Störungen eintreten, sollen regulatorisch (*Regulationen*) genannt werden. Den oben angeführten drei besonderen Arten von Ganzheiten: Formganzheit, (Stoffwechsel-)Funktionsganzheit, Bewegungsganzheit entsprechend werden nun je drei Arten von Harmonien und von Regulationen unterschieden: Formharmonien, Funktionsharmonien und Bewegungsharmonien; Formregulationen oder Restitutionen, Funktionsregulationen oder Anpassungen und Bewegungsregulationen.

Ungerers Schrift bietet mehr als der Obertitel verspricht, insofern sie vor den Regulationen auch die Harmonien behandelt. Es wird ein sorgfältig und fein gegliedertes System der Gattungen und Arten von Harmonien und Regulationen entwickelt, das den größten Teil des Buches füllt. Dabei werden die weiteren und engeren Begriffe durch Sammlung einschlägigen, stellenweise sehr reichen Tatsachenmaterials verdeutlicht und in ihrer Bedeutung beleuchtet. Es ist schwer, über diesen Teil der Schrift, der selbst in gedrängter Kürze über eine Fülle von Begriffen und Tatsachen berichtet, ein kurzes Referat zu erstatten. Wir können nur die Grundzüge des entwickelten Begriffssystems wiedergeben; das Tatsachenmaterial muß außer Betracht bleiben.

Wie schon erwähnt, werden die Harmonien zunächst in Form-, Funktions- und Bewegungsharmonien eingeteilt. Die harmonische Erhaltung der Formganzheit kann durch Formbildungs- oder durch Bewegungsvorgänge erreicht werden. Dementsprechend werden morphologische Formharmonien (Kompositionsharmonien) und kinetische Formharmonien unterschieden; diese, also die harmonischen Herstellungen von

Formganzen durch Bewegungen, vollziehen sich wohl stets auf Grund morphologischer Formharmonien.

Bei den Funktionsharmonien werden zunächst morphologische, physiologische und kinetische unterschieden; dann folgen Untereinteilungen, auf die wir hier nicht eingehen. Von morphologischen Funktionsharmonien spricht *Ungerer*, wenn durch harmonische Formbildungsvorgänge nicht vorwiegend Organisatorisches geschaffen, sondern in erster Linie Funktionsganzheit erhalten wird, wenn also nicht in der Form, sondern in der Leistung des entstehenden morphologischen Gebildes die Ganzheiterhaltung sich zeigt. Bei den physiologischen bzw. den kinetischen Funktionsharmonien erfolgt die Erhaltung der Funktionsganzheit durch physiologische bzw. (einfache oder koordiniertkomplexe) Bewegungs-Vorgänge.

Bei den Bewegungsharmonien lassen sich nach den bisherigen Erfahrungen im Pflanzenreich zwei Grundformen unterscheiden: die Herstellung eines Rhythmus, die „Rhythmisierung", und das harmonische Zusammenarbeiten rhythmischer Bewegungen, die „rhythmische Koordination".

Die Regulationen, d. h. die Ganzheiterhaltungsvorgänge auf Grund von Störungen durch anormale Bedingungen, sind manchmal schwer von den Harmonien, den normalen Ganzheiterhaltungen, zu trennen, weil die Grenze zwischen normal und anormal unsicher ist. Analog den Harmonien werden die Regulationen zunächst in Form-, Funktions- und Bewegungsregulationen eingeteilt.

Die Formregulationen oder Restitutionen werden entweder durch Formbildungsvorgänge zustandegebracht: morphologische Restitutionen, oder durch Bewegungen: kinetische Restitutionen.

Nur die morphologischen (nicht hingegen die kinetischen) Restitutionen werden weiter eingeteilt, und zwar zunächst in Total- und Partialrestitutionen. Bei den Totalrestitutionen beteiligt sich der ganze Rest des Organismus an den Umgestaltungsvorgängen zur Wiederherstellung der Formganzheit; bei den Partialrestitutionen sind nur Teile des Organismus beteiligt.

Bei der Partialrestitution ist weiter einzuteilen in Reparation (Wiederbildung), d. h. Ersatz der gestörten Struktur am selben (normalen) Ort, und Reproduktion (Neubildung), d. h. Ersatz der gestörten Struktur an anderem (anormalem) Ort.

Bei den Reparationen ist zu unterscheiden zwischen Regenerationen, bei denen alle Ersatzgewebe vollständig in der wiederhergestellten normalen Struktur aufgehen, und Kallusrestitutionen, bei denen ein die Formwiederherstellung vermittelndes Wundgewebe wenigstens teilweise nach vollendeter Restitution erhalten bleibt.

Regenerationen, die durch Zellteilung und Wachstum unmittelbar von der Wundfläche aus zustande gebracht werden, heißen Sprossungsregenerationen; Ersatz durch innere Umdifferenzierung der im Bereich der Wunde übriggebliebenen, auch tiefer gelegenen Gewebe ohne Beziehung zum Wundverschluß wird als Ersatzregeneration bezeichnet.

„Organregenerationen und Organkallusbildungen stellen gestörte Wachstumszentren der Pflanzen (Vegetationspunkte) wieder her, während Strukturregenerationen und Strukturkallusbildungen die Strukturen „fertiger" Gewebe (bzw. Zellen und Zellteile bei niederen Pflanzen) reparieren . . ." (S. 180).

Bei den den Reparationen zur Seite gestellten Reproduktionen kann der Ersatz durch einen schon vorhandenen fertigen oder doch vorgebildeten Teil des Organismus erfolgen: Kompensation oder Übernahme; er kann aber auch durch vollständige Neubildung geleistet werden: Adventivrestitution oder Neuentstehung.

Der kompensatorische Ersatz eines lebenstätigen Organs (Sproß, Wurzel, Blatt, aktiver Vegetationspunkt) durch ein anderes lebenstätiges Organ wird als Organkompensation oder Vertretung bezeichnet; der Ersatz eines Organs durch Auswachsen einer vorgebildeten latenten Anlage (schlafende Knospe, ruhender Vegetationspunkt oder meristematischer Zellkomplex) soll Präventivrestitution (Anlagekompensation, Neuentfaltung) heißen.

Organkompensationen, die ohne Änderung des morphologischen Charakters des restituierenden Organs durch bloßes vermehrtes Wachstum zustande kommen, werden kompensatorische Hypertrophien genannt; die Umbildung eines vertretenden Organs zu einem Gebilde von anderem morphologischen Charakter wird als kompensatorische Hypertypie bezeichnet.

„Entsprechend heißen Präventivrestitutionen, bei denen der Formwert der auswachsenden Anlage erhalten bleibt, oder bei denen dieser ein bestimmter Formwert vor der Restitution noch nicht zukam, kompensatorische Anlageausgestaltungen, während die unter Änderung des morphologischen Charakters der restituierenden Anlage erfolgenden Präventivrestitutionen kompensatorische Anlageumgestaltungen genannt werden" (S. 181).

Mit den Funktionsregulationen, d. h. den auf Wiederherstellung gestörter Funktionsganzheit zielenden Vorgängen, identifiziert *Ungerer* die Anpassungen; zu diesen würden also keinerlei Einrichtungen, sondern nur Geschehnisse zu rechnen sein. Die Anpassungen oder Funktionsregulationen sind zunächst wieder nach den Regulationsmitteln einzuteilen, ganz in der Art und Weise, wie die Funktionsharmonien eingeteilt wurden. Wenn formbildende Vorgänge regulatorisch der Funktionsganzheit dienen, soll von morphologischen Anpassungen oder Adaptionen gesprochen werden. Tragen die regulatorischen Prozesse ausschließlich den Charakter von Stoffwechseländerungen, so heißen sie physiologische Anpassungen. Gestörte Funktionsganzheit regulierende Bewegungsvorgänge werden als kinetische Anpassungen bezeichnet.

Es braucht kaum gesagt zu werden, daß die vorgeschlagene Terminologie von derjenigen anderer Autoren vielfach abweicht. Man kann darum streiten, ob dieser oder jener Ausdruck zweckmäßig gewählt ist; anzuerkennen bleibt aber die Energie, mit der *Ungerer* eine sorgfältig angelegte und fein gegliederte Systematik teleologischer Begriffe durchführt. —

Im Schlußabschnitt kommt der Verfasser auf allgemeine, methodologische und philosophische Fragen zurück, wie sie in den ersten Kapiteln behandelt wurden. Wieder schließt er die Betrachtung der zweckmäßigen Einrichtungen aus seiner Untersuchung aus, die sich nur den ganzheiterhaltenden Vorgängen widmet; so wird allerdings nicht eigentlich „ein System der teleologischen Begriffe in der Botanik" (Untertitel der Schrift), sondern nur ein *Teil*system gewonnen. Mit Recht wird stark betont, daß durchaus nicht jeder Vorgang am Organismus ganzheiterhaltend wirkt.

Die teleologische Betrachtung des biologischen Tatsachenmaterials, wie sie in der vorliegenden Arbeit

für das botanische Gebiet systematisch durchgeführt worden ist, dünkt *Ungerer* „völlig hypothesenfrei". Wir meinen, daß sie zwar nicht frei von Detailhypothesen, aber unabhängig von den großen, allgemeinen hypothetischen Zweckmäßigkeitserklärungen, wie Darwinismus, Lamarckismus, Vitalismus, Psychovitalismus, und vom Mechanismus-Vitalismus-Streite ist.

Ganzheiterhaltende Vorgänge kommen auch an Maschinen vor; im übrigen aber finden wir sie außer bei Kristallen wohl nur bei Organismen. Die Kristalle weisen gegenüber den Organismen eine relative Einfachheit, einen verhältnismäßig niedrigen Mannigfaltigkeitsgrad ihrer Zusammensetzung auf. Darum schlägt *Ungerer* die Definition vor: „Der Organismus ist ein Naturding von einem hohen Mannigfaltigkeitsgrad der es zusammensetzenden Stoffe, ihrer Anordnung und der an ihm vor sich gehenden Veränderungen, bei dem ein großer Teil der Vorgänge so verläuft, daß sie die Erhaltung der Ganzheit dieses Naturdings bedingen oder zur Erhaltung und Erzeugung von Naturdingen derselben Art führen." (S. 249.)

Der (auch philosophisch wohl versierte) Verfasser hat eine dankenswerte Arbeit geleistet, die dem Biologen wie dem Philosophen bei Behandlung des Teleologieproblems wertvolle Dienste tun kann. Die energische Systematisierung der teleologischen Begriffsbildung und Tatsachenbetrachtung erscheint dem Referenten sehr anerkennenswert. Die gedrängte Darstellung des botanischen Tatsachenmaterials in teleologischer Anordnung und Beleuchtung macht im Verein mit drei eingefügten reichen Literaturverzeichnissen die Schrift zu einem recht nützlichen Nachschlagewerk.

Erich Becher, München.

Linck, G., Grundriß der Kristallographie, für Studierende und zum Selbstunterricht. 4. Aufl. Jena, G. Fischer, 1920. V, 285 S., 486 Textfiguren und 3 Tafeln. Preis M. 21,—.

Das viermalige Erscheinen dieses Leitfadens einer an sich wenig populären Wissenschaft innerhalb von 24 Jahren spricht für die Beliebtheit des Linckschen Grundrisses, der in der Tat von vielen Studenten gern benutzt wird. Diese Wertschätzung beruht wohl mit Recht darauf, daß der Verfasser sich durchweg einer möglichst einfachen und zugleich anschaulichen Darstellung befleißigt, die durch zahlreiche gute und originale Textfiguren unterstützt wird. Dennoch aber möchte ich diese Gelegenheit zu einigen Änderungsvorschlägen für die nächste Auflage benutzen. Der Gedanke des auf S. 16 stehenden Satzes „Die geometrische Kristallographie beschäftigt sich mit den relativen Volumen und der Gestalt der Körper" scheint mir einer Klärung um so mehr zu bedürfen, als *Linck* gerade auf diese seine Definition offenbar besonderen Wert legt. Die Naumannschen Symbole dürften als Ballast, der ohne didaktische Vorzüge ist, über Bord geworfen werden; statt dessen wäre eine Unterscheidung von Kantensymbolen und Flächensymbolen durch die Art der Klammern erwünscht. Die Ableitung der Kantenindizes aus den Flächenindizes durch eine bloße mnemotechnische Regel, anstatt durch zwei einfache Gleichungen erscheint mißlich. Die Erläuterung der anschaulichen Bedeutung der Kantenindizes auf S. 30 setzt den Spezialfall eines *rechtwinkligen* Koordinatensystems stillschweigend voraus, während man in Wirklichkeit meist *schiefwinkliger* Systeme bedarf, um rationale Zahlen zu erhalten. Die Bemerkung auf S. 37, die Zwillingsaxen seien stets mögliche Kanten, ist nach des Verfassers eigener Definition der Zwillingsaxen unrichtig, wie z. B. auf der gleichen Seite die Fig. 68 beweist. In der Tabelle der „Axenkreuze" auf S. 23 wäre einiges zu ändern; z. B. existieren „die drei vierzähligen Hauptsymmetrieaxen" nicht an allen regulären und „die drei Symmetrieaxen" nicht an allen rhombischen Kristallen. — Die Kapitel über Kristalloptik würden gewinnen, wenn zwischen Strahl und Wellennormale, Strahlengeschwindigkeit und Wellengeschwindigkeit, Strahlenfläche und Wellenfläche unterschieden würde. Die Behauptung, die Schwingungen erfolgten immer senkrecht zur Strahlenrichtung, läßt sich schwer aufrechterhalten; ebenso der Satz, die Doppelbrechung beruhe darauf, daß „die Schwingungen sich in der einen Richtung schneller vollziehen als in der anderen". Die Ausführungen der S. 185 setzen anscheinend den Spezialfall einer planparallelen Platte stillschweigend voraus. Neben den vielen Schilderungen der Interferenz wäre eine Beschreibung der Messung von Brechungsindizes, der optischen Axenwinkel und der optischen Orientierung zu begrüßen. Auch die Messung der Flächenwinkel mit dem Reflexionsgoniometer, die stereographische Projektion und ihre Verwendung zur Parallelprojektion der Kristallformen möchte ich auseinandergesetzt sehen. Der physikalisch-chemische Teil würde durch Umwandlungskurven, *Roozebooms* Mischungstypen u. a. an Lehrwert m. E. gewinnen, und vielleicht könnten andere Stellen soweit gekürzt werden, daß sich der Gesamtumfang des Buches trotz jenen Zuwachses nicht vergrößerte.

Aber auch ohnedies bin ich überzeugt, daß das Linckscche Buch sich immer neue Freunde werben wird.

A. Johnsen, Kiel.

Laue, M. v., Die Relativitätstheorie. Erster Band: Das Relativitätsprinzip der Lorentztransformation. 3. Auflage. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1919 XIII, 292 S. und 24 Abbild. Preis geh. M. 9,—, geb. M. 11,40 und Teuerungszuschlag.

Das Lauesche Buch, das nunmehr in der 3. Auflage vorliegt, bildet noch heute ein in seiner Art einzigartiges Standardwerk für das Gebiet der „speziellen" Relativitätstheorie. Jeder, sei er Lernender, Lehrender oder Forscher, der, über die Anfangsgründe hinweg, in die Tiefe der Relativitätslehre eindringen will, wird immer wieder zu diesem Buch greifen. Denn hier findet er nach einer historischen Einleitung über die älteren Theorien und Versuche der Elektrodynamik und Optik, die *Einstein* zur Aufstellung seines umfassenden Prinzips drängten, eine vollständige und systematische Darstellung des ganzen weitverzweigten Gebietes: neben der Elektrodynamik des leeren Raumes und der Minkowskischen Elektrodynamik der ponderablen Körper ist vor allem die allgemeine relativistische Dynamik, einschließlich der Thermodynamik und Hydrodynamik, eingehend behandelt. Überall wird von der 4-dimensionalen Tensoralgebra und -analysis ausgiebiger Gebrauch gemacht. Die Lektüre ist, infolge der knappen und gedrängten Darstellung, häufig nicht ganz leicht und erfordert hingebendes Mitarbeiten. Es sei noch erwähnt, daß der in Aussicht gestellte zweite Band die Gravitationstheorien von *Nordström* und *Mie* und vor allem die allgemeine Relativitätstheorie von *Einstein* zur Darstellung bringen wird.

F. Reiche, Berlin.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner,* Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 39. (Seite 767—782) **24. September 1920.** **Achter Jahrgang.**

Richard Hertwig

zur Feier seines siebzigsten Geburtstages

Inhalt:

Seite

Richard Hertwig zum siebzigsten Geburtstag, 23. September 1920. Von *Franz Doflein, Breslau* 767

Richard Hertwig und die experimentelle Zoologie. Von *Richard Goldschmidt, Berlin-Dahlem* 771

Richard Hertwig und die Lehre von den Chromidien und dem Chromatindualismus. Von *Paul Buchner, München* . . . 774

Richard Hertwigs Untersuchungen über das Nervensystem und die Sinnesorgane der Medusen. Von *Hans Nachtsheim, München* 776

Richard Hertwig und der biologische Unterricht an den höheren Lehranstalten. Von *C. Zimmer, München* 778

Richard Hertwigs Kleines zoologisches Praktikum. Von *Otto Koehler, Breslau* 780

Richard Hertwigs Lehrbuch der Zoologie. Von *K. v. Frisch, München* 782

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 26.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.
Anzeigen werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

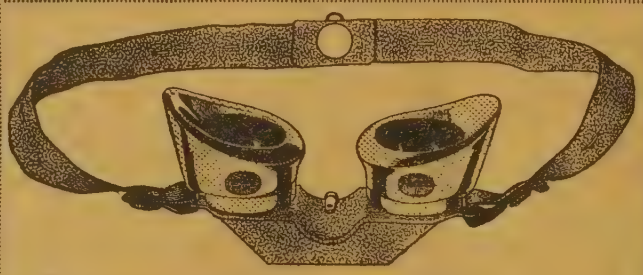
Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztewelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster **Wohlbekömmlichkeit.**
Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G.m.b.H. & Cie., CÖLN a. Rh.

ZEISS



Binokulare-Lupen

Räumliches Sehen für botanische – zoologische – mineralogische – chemische Beobachtungen

LUPEN

für

Naturwissenschaftler und Naturfreunde

BERLIN HAMBURG CARL ZEISS JENA WIEN BUENOS AIRES

Druckschriften „Medlu 29" kostenlos

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 24. September 1920. Heft 39.

Richard Hertwig zum siebzigsten Geburtstag, 23. September 1920.

Von Franz Doflein, Breslau.

Richard Hertwig, dessen siebzigsten Geburtstag wir in diesen Tagen feiern dürfen, ist nicht nur als Gelehrter und Forscher von vielen verehrt, sondern ihn umgibt auch ein großer Kreis von Menschen, die ihm in warmer Freundschaft anhänglich sind. Er ist ein Mann, der auf seine Schüler und seine ganze Umgebung einen starken Einfluß ausübt. Das ist bedingt durch die Güte und Wärme, die von ihm ausstrahlt, aber nicht minder durch die absolute Zuverlässigkeit, die wie sein wissenschaftliches Arbeiten auch alle seine menschlichen Handlungen auszeichnet. Wie stark wurde jeder, der sich in wissenschaftlichen oder menschlichen Dingen von ihm Rat holte, von seiner Gewissenhaftigkeit, von dem Verantwortungsgefühl berührt, das ihn durchdringt.

So ist er für viele in seiner Umgebung stets ein Vorbild gewesen; wer sein Schüler ist, denkt in wichtigen Augenblicken des Lebens an ihn, wie er wohl in entsprechender Lage handeln würde.

Ich setze absichtlich diese Eindrücke von seiner Persönlichkeit an den Anfang dieser Darstellung seines Lebenslaufs und seiner Lebensarbeit; denn sie sind wichtig für das Verständnis seiner Schicksale und seiner Arbeitsweise.

Geboren ist *Richard Hertwig* am 23. September 1850 in Friedberg in Hessen. Seine Jugend verlebte er zum großen Teil in *Mühlhausen* in Thüringen. Dort lebte sein Vater als angesehener Fabrikbesitzer. Es muß ein schönes, harmonisches Leben in dem Elternhause geherrscht haben, in welchem die zwei Brüder *Hertwig* aufwuchsen, der um 1½ Jahre ältere *Oskar*, der jüngere *Richard*. Ostern 1868 verließ er mit dem Reifezeugnis das Gymnasium in Mühlhausen.

Beide Brüder studierten gemeinsam in *Jena; Richard Hertwig* war 18 Jahre alt, als er die Universität bezog. *Ernst Haeckel* übte damals, auf der Höhe seiner Schaffenskraft, übersprudelnd von neuen Ideen, eine starke Wirkung auf die jungen Naturwissenschaftler und Mediziner aus. So kamen auch die Brüder *Hertwig* in seinen Kreis und wurden seine Schüler. Aber nicht sogleich war ihr Hauptziel auf Naturforschung gerichtet. Sie studierten beide Medizin und im Verlauf dieses Studiums besuchte *Richard Hertwig* auch die Universitäten Zürich und Bonn. An letzterer Universität promovierte er im Jahre 1872 zum Dr. med. und im Jahre 1873 bestand er dort das medizinische Staatsexamen.

Aber auch während seines medizinischen Studiums, so intensiv dies ihn auch fesselte, verlor er den Zusammenhang mit der Zoologie und *Haeckel* nicht. Wie *Haeckel* die Begeisterung für das Studium der Meerestiere an der Meeresküste von *Johannes Müller* übernommen hatte, so verstand auch er die Freude daran auf seine Schüler zu übertragen. So unternahmen die beiden Brüder *Hertwig* mit *Haeckel* gemeinsam Ostern 1870 eine Reise nach Dalmatien; dieser Aufenthalt, besonders die Wochen in dem Kloster in Lesina, müssen äußerst reizvoll und interessant gewesen sein. Erzählungen von dieser Reise tauchen in Gesprächen mit *Richard Hertwig* immer wieder auf und er plaudert gern und mit besonderer Wärme von jenen Zeiten.

Die Jahre 1871—1874 verbrachte *R. Hertwig* in Bonn als Medizinstudent, allerdings insofern stark zur Zoologie hinneigend, als er einen großen Teil seiner Zeit im anatomischen Institut verbrachte. Noch als Student leistete er in der Anatomie Assistentendienste und wurde dann an diesem Institut Assistent (1872—74). Und zwar war kein Geringerer damals Anatom in Bonn als *Max Schultze*. Dieser hervorragende Forscher hat ja viele zoologische Probleme bearbeitet. Seine Arbeiten sind nicht ohne Einfluß auf *R. Hertwig* geblieben. In dieser Zeit entstand seine Untersuchung über den Bau der Ascidien und über die lymphoiden Drüsen des Störherzens. Auch mögen von *Max Schultze* Anregungen für seine Beschäftigung mit Rhizopoden ausgegangen sein. So stammt eine von *R. Hertwig* gemeinsam mit *Lesser* herausgegebene Arbeit über „Rhizopoden und denselben nahestehende Organismen" aus dem Jahre 1874 und aus der Bonner Zeit.

Mit diesen Studien begann eine Reihe von Arbeiten über *Protozoen*, ihren Bau, ihre Organisation. Fragen, welche damals die wissenschaftliche Welt bewegten und viel erörtert wurden, die Einzelligkeit der Protozoen, ihre Natur und Zugehörigkeit wurden auch von ihm in Angriff genommen und er brachte wichtige Beiträge zu ihrer Klärung.

Schon seine ersten Arbeiten waren auf größere allgemeine Ziele gerichtet. Alle diese Arbeiten zeigen schon *Hertwigs* Gewissenhaftigkeit und Sorgfalt im Beobachten, eine Genauigkeit im Zeichnen und Darstellen der beobachteten Tiere, welche in seinem ganzen Leben für seine Arbeitsweise charakteristisch bleibt. Die Tendenz, mit genauester Untersuchung und kritischster Beurteilung der gewonnenen Resultate in große, wichtige Probleme einzudringen, tritt uns

schon in seiner *Habilitationsschrift* entgegen, welche er „zur Erlangung der venia docendi" bei der philosophischen Fakultät der Universität *Jena* im Wintersemester 1874/75 einreichte. Es sind seine „Beiträge zur Kenntnis der Acineten". In dieser Arbeit ist der Bau und die Fortpflanzung durch Knospung bei dem Acineten *Podophrya gemmipara* sehr sorgfältig untersucht, so daß seither seinen Resultaten kaum mehr etwas hinzuzufügen war. Seine Beobachtungen führen ihn zu Erörterungen über Zellbau und Einzelligkeit der Protozoen, aber auch zu deszendenztheoretischen Erwägungen. Diese wurden durch die Beobachtung der bewimperten Larven der Acineten ausgelöst, welche zur Annahme ihrer Verwandtschaft und Abstammung von bewimperten Infusorien zwangen: das Material für diese Arbeit und viele der Beobachtungen am lebenden Tier wurden bei einem Aufenthalt am Meer, auf *Helgoland* gesammelt.

In *Jena* entstand dagegen im Sommer 1876 die folgende Arbeit über Bau und Entwicklung von *Spirochona gemmipara,* jenem seltsamen festsitzenden Infusor, das auf den Kiemenblättern von Gammarus pulex lebt. Das Manuskript wurde offenbar nach seiner Datierung bei einem Ferienaufenthalt im väterlichen Haus in Mühlhausen abgeschlossen. Auch diese Arbeit ist durch die große Sorgfalt der Untersuchung, vor allem der minutiösesten Strukturen des Zell- und Kernteilungsvorgangs ausgezeichnet. Hier schon in dieser Arbeit bewegen *Hertwig* Gedanken über die Beziehungen zwischen Kern und Zellplasma, die später in seinen Forschungen eine so große Rolle spielen sollten. Eine kurze Arbeit aus derselben Zeit bringt „Beiträge zu einer einheitlichen Auffassung der Kernformen", in der er alle Kernformen „des Protisten-, Tier- und Pflanzenreichs" zusammenfaßt.

Zur Klärung vieler Fragen der Protistenkunde führten seine Untersuchungen über *Radiolarien* (*Zur Histologie der Radiolarien* 1877 und *Der Organismus der Radiolarien* 1879). Wiederum wurde das Material für diese Untersuchungen am Meer gesammelt und lebend beobachtet. Viele Forscher wollten damals nicht zugeben, daß so komplizierte Organismen wie die Radiolarien und die Infusorien einzellige Gebilde sein könnten. Das wurde von *Hertwig* einwandfrei bewiesen und damit außer zur Protozoenkunde zur Zellenlehre wichtige Beiträge geliefert.

Diese Untersuchungen hatten *Hertwig* wiederum ans Meer geführt, in *Ajaccio* in Korsika, in *Villefranche,* vor allem in *Messina* hatte er schöne, arbeitsreiche Monate am Mittelmeer, zum Teil mit seinem Bruder und mit *Haeckel* gemeinsam verbracht. Bei diesen Reisen wurde das Material gesammelt zu den vielfach mit seinem Bruder *Oskar* gemeinsam verfaßten Arbeiten über die *Eizelle,* die *Befruchtung, Furchung* und *Keimblätterlehre,* welche in die gleiche Periode von 1875 bis 1883 fallen.

Vor ihnen möchte ich noch die Arbeiten *zur Morphologie der niederen Tiere* erwähnen, welche zum Teil im Anschluß an die Reise nach Messina entstanden. Von besonderer Bedeutung sind unter ihnen die noch zum Teil von den Brüdern gemeinsam gemachten Untersuchungen über die Organisation der *Medusen, Ctenophoren* und *Aktinien,* vor allem die grundlegende Abhandlung über Nervensystem und Sinnesorgane der *Medusen.* Sie war in der Hauptsache in *Messina* im Winter 1876 auf 77 entstanden und erschien 1878 gleichzeitig mit der im Anschluß verfaßten Abhandlung „Der Organismus der Medusen und seine Stellung zur Keimblättertheorie".

Es ist interessant, sowohl die Widmung als auch das Vorwort zu dem ersten dieser Werke zu lesen. Die Widmung der beiden Brüder an ihren Vater zeigt, in welch schönem Verhältnis sie zu ihm gestanden haben müssen. Wie muß seine Liebe zur Natur, sein Verständnis für ihre Ziele, den beiden gleichstrebenden Brüdern geholfen haben, ihre Lebensaufgaben, ihr Studium ohne Störung und Hinderung zu verfolgen. Wie muß es schön für sie gewesen sein, in den Jahren des Emporstrebens, in denen sie zu Führern in der deutschen Wissenschaft sich durchkämpften, das Verständnis und volle Stütze bei einem Vater zu finden, dem sie in Briefen aus Messina fortlaufend vom Erfolg ihrer Arbeiten berichteten.

Aus dem Vorwort leuchtet uns das harmonische Zusammenarbeiten der Brüder entgegen. Sie schildern da, wie die gemeinsame Arbeit durch Beobachtung, Nachdenken und Diskussion der Ergebnisse entstand. Und so ist es bei dieser und vielen der anderen gemeinsamen Arbeiten schwer, den Anteil der beiden Brüder, das Individuelle ihrer Beteiligung zu erkennen. Und doch glaubt man wie im Text so besonders in den Zeichnungen nicht selten die Hand *Oskars* und *Richards* unterscheiden zu können; jenen an der Neigung zur Verallgemeinerung, diesen an der Gewissenhaftigkeit und intimeren Versenkung in den Gegenstand.

Bei der *Feier des sechzigsten Geburtstages von Richard Hertwig* hat *Boveri* in der wundervollen Ansprache, die er an den Jubilar hielt, gerade dieses Werkes gedacht, das ihm, wie wohl jedem Schüler *Hertwigs,* ganz besonderen Eindruck gemacht hat durch seine Vollkommenheit in jeder Beziehung. Ist es nicht merkwürdig, daß wir zugestehen müssen, daß die damals erzielten Ergebnisse der Brüder *Hertwig,* welche die so tief in der Tierreihe stehenden Medusen als komplizierte Körper mit eigenartigen Sinnesorganen, gewissermaßen als Schemata für die Reflexerscheinungen erkennen lehrten, seither nicht überboten und kaum in Einzelheiten verbessert werden konnten?

Wie schon diese Untersuchungen von *physiologischen Gedanken* durchsetzt und gefördert wurden, so hat sich in der Folgezeit die Arbeit der Brüder *Hertwig* immer Problemen zugewandt, welche die Gesetzmäßigkeiten des Lebens

betrafen. In den Jahren 1875—1880 erschienen die wichtigen Arbeiten der beiden Brüder, welche, anknüpfend an *Oskar Hertwigs Entdeckung* des *Befruchtungsvorgangs* am Seeigelei, die Gesetze der Befruchtung und Entwicklung beobachtend und experimentierend analysierten. Durch die Experimente der Brüder *Hertwig* wurden die *Geschlechtszellen der Seeigel* zu den klassischen Untersuchungsobjekten der Zellenlehre, deren Bedeutung auch nicht übertroffen wurde, als durch die Forschungen *van Benedens* und vor allem *Boveris* in den Eiern von *Ascaris megalocephala* ebenso geeignete Forschungsobjekte erkannt wurden. Wie viele Untersuchungen sind seither an den Seeigeleiern durchgeführt worden; heute kann kein Zoologe, der nicht Seeigeleier kennen gelernt und studiert hat, den Anspruch darauf machen, ein vollkommen ausgebildeter Zoologe zu sein.

Die Arbeiten der Brüder *Hertwig* in jenen Jahren betrafen den *Befruchtungsvorgang* selbst, seine künstliche Beeinflußbarkeit, die Bedingungen der *Monospermie* und *Polyspermie* und der *Bastardbefruchtung*. An diesen Forschungen war *Richard Hertwig* sehr stark beteiligt und er behielt immer ein starkes Interesse für sie.

Kein Studierender, der bei ihm Kurse mitgemacht, wird den *„Befruchtungstag"* in *Hertwigs* Institut vergessen. Waren die Seeigel vom Mittelmeer glücklich eingetroffen, wie bemühte sich dann *Hertwig* persönlich um ihre Unterbringung, ihre Versorgung mit gut durchlüftetem Wasser; er konnte noch nachts im Institut erscheinen, um nach ihrem Befinden zu sehen.

Es waren weihevolle Augenblicke, durfte man neben ihm stehen, wann er den Empfängnishügel, das Eindringen des Spermatozoons, die Abhebung der Dottermembran, das Auftreten der Strahlungen demonstrierte.

Im Jahre 1878 wurde *R. Hertwig* in *Jena* zum außerordentlichen Professor ernannt, 1881 wurde er als Ordinarius der Zoologie nach *Königsberg* berufen. Er war kaum zwei Jahre in der ostpreußischen Stadt, scheint aber gern dort gewesen zu sein. Von dieser Zeit an beginnt er mehr und mehr für sich allein seine Arbeiten durchzuführen und sie allein zu publizieren. Das war schon durch die räumliche Trennung bedingt, da *O. Hertwig* zunächst noch in Jena geblieben war, wo er als Professor der Anatomie wirkte.

In *Königsberg* studierte *R. Hertwig* zum erstenmal die Kernteilung des Heliozoon *Actinosphaerium Eichhorni* und beginnt damit eine Reihe von Protozoenuntersuchungen, welche zytologisch und fortpflanzungstheoretisch wichtigste Ergebnisse brachten. Von da an waren dieses Protozoon und das ciliate Infusor Paramaecium für fast 1½ Jahrzehnte seine Hauptforschungsobjekte neben den nie vergessenen Seeigeleiern.

Im Anfang dieser Periode war aber sein Leben sehr bewegt; schon 1883 wurde er nach *Bonn*, von da sehr bald, 1885, nach *München* berufen.

An der Münchener Universität hat er seither dauernd gewirkt; jetzt sind es 35 Jahre, die er in dieser süddeutschen Stadt lebt und tätig ist. Er ist in *München* und *Bayern* gut eingewachsen und hat bei seinem stark ausgebildeten Gemeinsein in der Stadt manche bleibende Spur hinterlassen. Institut und die von ihm geleitete zoologische Staatssammlung sind unter seiner Direktion aus kleinen Anfängen zu großen Institutionen herangewachsen.

Wie in seinem Institut, so war auch um ihn als Privatmann immer ein frisches Leben; das war vor allem der Fall, nachdem er sich mit *Jula Braun*, einer Tochter von Professor *Braun* und dessen geistvoller, interessanter Gattin *R. Braun-Artaria* im Jahre 1887 verheiratete. Diese letztere, die als Witwe mit allem, was in München Wissenschaft und Kunst repräsentierte, in regem Verkehr stand, hat in ihrem Buch „Von berühmten Zeitgenossen", den Kreis geschildert, in welchem *R. Hertwig* damals lebte.

In dem im allgemeinen sehr ungeselligen München ist *Hertwigs* Haus immer der Mittelpunkt einer einfachen, schönen Geselligkeit gewesen und ist es noch. An manchen schönen Abend bei angeregten Gesprächen werden viele Zoologen und sonstige Gäste sich mit Freuden erinnern. Wenn auch alle seine Schüler *R. Hertwig* mit Verehrung ihren Geheimrat nennen, ein solcher in der ominösen Bedeutung des Wortes ist er niemals gewesen. Das war schon durch seine Herzensgüte und das starke persönliche Interesse, das er an Individualitäten nahm, unmöglich.

Der körperlich kleine Mann mit seinen energischen Bewegungen machte und macht jetzt noch den Eindruck einer grundgesunden Persönlichkeit. Seine Leistungsfähigkeit bei geistiger wie bei körperlicher Arbeit ist bewunderungswürdig. Wie er in jungen Jahren ein flotter Reiter war, so war er bis in sein Alter ein eifriger Turner und Schwimmer. Auf Touren stand er seinen Mann und war bis zum Schluß stets ausdauernd und von einer großen Naturfreude beseelt. Es war ein Genuß, mit ihm in schöner Landschaft zu wandern, und alle Beteiligten werden gern an die sommerlichen Zusammenkünfte mit den Innsbrucker Fachgenossen in Kufstein denken, bei denen immer eine tüchtige Wanderung in den Bergen das Hauptprogramm bildete.

Drei gesunde, stattliche Kinder waren die Freude seines Lebens. Es waren die schwersten Stunden seines Lebens, wenn er in Sorgen um eines von ihnen litt. Und das Schicksal hat ihm da Schweres nicht erspart. Das waren die einzigen Zeiten, in denen er mir gedrückt und gebrochen erschien, als er von einer Reise zu einem wissenschaftlichen Kongreß in Amerika zurückgerufen werden mußte, nachdem sein ältester Sohn im Gebirge abgestürzt war. Und wie er diesen kaum geheilt, den hoffnungvollen, strebenden Jüngling, der als Student vor dem Doktorexamen stand, definitiv verlor, da mußte er das

als schweres Schicksal empfinden. Und wie litt er darunter, als sein zweiter Sohn im Anfang des Weltkriegs vermißt war, dann in Kriegsgefangenschaft auftauchte und die vielen Jahre im Feindesland gefangen saß, immer wieder Fluchtversuche unternehmend. Doch darf er jetzt des heimgekehrten Sohnes und der künstlerisch begabten Tochter sich hoffentlich noch manche Jahre erfreuen.

Glück und Unglück im Leben brachten ihn aus seiner produktiven Arbeit nicht heraus. Arbeit, Forschung, Pflichterfüllung hielten ihn aufrecht. So entstanden die bewunderungswürdigen Arbeiten seiner *Münchner Jahrzehnte*.

Zunächst waren es wichtige Beiträge zur *Zellenlehre*, welche die ersten Münchner Jahre brachten. Es war ein Forschungsprinzip bei ihm, Tiere, die er ganz genau durch eigene Forschungen kannte, als Objekte für seine Fragestellungen, für seine Probleme zu benützen. So wurden Actinosphaerium und Paramaecium für ihn die Tiere, an denen er viele Gesetzmäßigkeiten erforschte, welche sich für alle Organismen, auch für die höchsten, als gültig erwiesen.

Seine Arbeiten über *Actinosphaerium* klärten nicht nur viele Zell- und Kernfragen auf, sie warfen auch Licht auf eigenartige geschlechtliche Vorgänge, welche er bei diesem Heliozoon entdeckte. Er deckte den ganzen Lebenszyklus dieses Rhizopoden auf und brach damit für eine Forschungsrichtung Bahn, welche dann von *Schaudinn* so erfolgreich fortgesetzt wurde.

Von besonderer Bedeutung war *R. Hertwigs* Arbeit über die *Konjugation der Infusorien* (1889). Sein Untersuchungsobjekt war die Art Paramaecium aurelia, welche konstant zwei Nebenkerne besitzt, während die andern Arten der Gattung nur einen solchen haben. Bewunderungswürdig ist die Genauigkeit, mit der alle Vorgänge, nicht nur die an den Kernen, sondern auch alles, was am Plasmakörper geschieht, verfolgt wird. Durch seine und *Maupas'* Arbeiten wurde der merkwürdige Vorgang der Konjugation der Ciliaten mit dem Austausch von Kernsubstanzen und dem Befruchtungsvorgang in allen Einzelheiten aufgeklärt. Der Vergleich des stationären und Wanderkerns mit den Geschlechtskernen der Metazoen wurde durchgeführt. Schon damals setzte *Hertwig* den Makronukleus der Infusorien dem Soma der Metazoen gleich.

In den beobachteten Tatsachen und angeknüpften Überlegungen ist schon das Programm seiner späteren so wichtigen Untersuchungen über *Kern-Plasmarelation*, Bedeutung der geschlechtlichen Fortpflanzung, über Degeneration und Depression, natürlichen Tod und schließlich über Geschlechtsbestimmung angedeutet. Für die Sorgfalt seiner Beobachtungen und die kritische Wertung aller Sondererscheinungen an seinem Objekt bringt jedes Kapitel dieser Arbeit bewunderungswerte Beispiele.

Noch wichtiger für die Entwicklung seiner allgemeinen Anschauungen als die Konjugationsarbeit waren seine abschließenden Arbeiten über Actinosphaerium, vor allem die 1898 erschienenen über *„Kernteilung, Richtungskörperbildung und Befruchtung von Actinosphaerium Eichhorni"*. Für die Begriffe der Kernstruktur, Unterscheidung von Protozoen- und Metazoenkernen, Auffassung von Chromatin und Chromosomen, Teilungsfigur, Centrosom und Centriol war diese Arbeit von grundlegender Bedeutung. Nicht weniger wichtig sind seine Resultate für die Lehre von der geschlechtlichen Fortpflanzung geworden.

Dazwischen fand *R. Hertwigs* reicher Geist die Zeit und Kraft, wichtige Ergebnisse, die er im Jahre 1887 und 1888 bei in Triest und Spezia durchgeführten Versuchen über Bastardierung von Seeigelkeimzellen nebenbei erhalten hatte, auszuarbeiten. Im Jahre 1896 erschien in der Festschrift für *Carl Gegenbaur* seine Untersuchung *„Über die Entwicklung des unbefruchteten Seeigeleies"*. Da war es ihm gelungen, durch Einfluß von Strychninlösung Entwicklungsvorgänge in unbefruchteten Seeigeleiern auszulösen, welche vollkommen dem entsprachen, was später *Jacques Loeb* als *„künstliche Parthenogenesis"* bezeichnete und was ja seither so viel Aufsehen erregt hat.

Außerordentlich folgenreich für die Entwicklung der zoologischen Wissenschaft waren schließlich wieder *Protozoenuntersuchungen Richard Hertwigs*. Forschungen an *Arcella* und seinen jahrelang fortgesetzten Zuchten von *Actinosphaerium* führten ihn zur Aufstellung des *Chromidienbegriffs*.

Die *Chromidienlehre* hat in der Folge eine große Literatur erzeugt, welche in die Zellen- und Protistenkunde eine lebhafte Bewegung brachte. Wenn auch nicht alles, was man von ihr erwartete, sich in Verfolgung der neuen Lehre erfüllt hat, sie bedeutete eine wichtige Anregung, und die Akten über sie sind noch nicht abgeschlossen.

Noch viel folgenreicher waren aber die Gedankengänge, welche *Hertwig* zur Aufstellung des Prinzips der *Kernplasmarelation* führten. Er wies auf die vielen Tatsachen hin, aus denen hervorgeht, daß stets zwischen zusammengehöriger Kern- und Plasmamasse eine gewisse Mengenbeziehung besteht. Diese kann unter dem Einfluß von normalen Lebenserscheinungen, aber auch bewirkt durch Schädigungen, pathologische und Umgebungswirkungen sich ändern.

Dies führte zu einer großen Anzahl experimenteller Untersuchungen *Hertwigs* und seiner Schüler, die Kernplasmarelation willkürlich zu beeinflussen; Hunger und starke Fütterung und Temperaturen wurden vor allem als ändernde Faktoren angewandt. Experimentiert wurde bei Actinosphaerium, den Infusorien und sich furchenden Keimen von Seeigeln, Paramaecium, Dileptus, Stentor, an Hydra und anderen Tieren und Fröschen. Es zeigte sich bei diesen Versuchen deutlich, daß die äußeren Einflüsse die *Kernplasmarelation* sicher beeinflussen. Noch

sind nicht alle Wirkungen dieser Änderungen klar durchschaut; auf jeden Fall hat der großzügige Versuch einer einheitlichen Erklärung vieler Lebenserscheinungen sich als äußerst fruchtbar erwiesen. Viele Probleme haben unter dem Gesichtspunkt der Kernplasmarelation eine neue Beleuchtung erfahren, so die großen Fragen des *Alters und Todes* der Organismen; das Rätsel der Geschwülste, der Entwicklung, Befruchtung, Verjüngung sind neu angepackt worden, wobei das neue Prinzip als Wegweiser diente.

Ja selbst der *Gegensatz der Geschlechter*, jenes größte biologische Problem, wurde von *R. Hertwig* unter dem Gesichtspunkt der Kernplasmarelation in Angriff genommen, und ein besonderer Aufsatz dieser Festnummer wird den Ergebnissen gewidmet sein, welche aus seinen und seiner Schüler Arbeiten *für die willkürliche Bestimmung des Geschlechts* sich ergaben.

Überblicke ich den Stoß von Büchern und Broschüren, die vor mir liegen, alle jene knappen Darstellungen, in denen ein großer Gedanke klar und präzis entwickelt wird, jene Bücher mit den vielen sorgfältigen Abbildungen und Tabellen, in denen ein solcher seine eingehende Begründung und Verteidigung fand, so stehe ich ergriffen vor dieser Leistung von 5 Jahrzehnten Zoologie. Welches Gebiet der Zoologie hat der Geist dieses Mannes unberührt gelassen? Wie viel seiner Entdeckungen und Ideen wirken in der Wissenschaft nach und sind geeignet, vielfältige Zweige der Zoologie und manche Nachbarwissenschaften auf lange Zeit hinaus zu befruchten!

Bei diesem Reichtum an Ideen ist es kein Wunder, wenn eine stattliche Schar von Schülern am heutigen Tag ihres verehrten Lehrers gedenken. Aus allen Kulturländern strömten sie bei ihm zusammen und zu ihnen gehören nicht wenige der Besten unserer Wissenschaft. Er selbst wird mit Trauer am heutigen Tag daran denken, daß manche von diesen nicht mehr unter den Lebenden weilen und ihm nicht mehr die Freundeshand an diesem Tag drücken können. Wie schade, daß *Th. Boveri* nicht mehr vor uns stehen und in warmer Empfindung wie am 60. Geburtstag ihm sagen kann, wie dankbar alle diejenigen ihm sind, die er als seine Schüler zu Individualitäten sich entwickeln ließ, so daß jeder durch das, was er ihm mitgab, gefördert und beflügelt seine Eigenart als Forscher entfalten konnte.

Je mehr wir zu ihm aufblicken und ihm Verehrung zollen, um so mehr müssen wir wünschen, daß er uns noch manches Jahr erhalten bleibe. Was hat er uns in dem Jahrzehnt seit dem 60. Geburtstag noch gegeben? Denken wir nur an die feinen Ideen, die er zum Unsterblichkeitsproblem auf die Entdeckungen der Amerikaner hin äußerte, denken wir an die neuen Auflagen seines Lehrbuchs, deren jede neue Vertiefung und Verbesserung brachte, denken wir an seine erfahrene Mitarbeit an Handbüchern und Sammelwerken, wie wertvoll erscheint er uns da als Glied der Wissenschaft und seiner Universität.

Wenn wir noch zum Schluß daran uns erinnern, mit welchem Idealismus und mit welchen Opfern an Arbeitskraft er als Staatsbürger sich jederzeit bewährte im engeren Kreis der Universität und der Gemeinde, in dem weiteren des Staats und der wissenschaftlichen Gemeinschaften, so müssen wir sagen, wir brauchen ihn noch. Wie wichtig sind in einer solchen Periode der Umwälzungen ehrwürdige Persönlichkeiten, wie er, welche die Tradition einer großen Zeit repräsentieren und tatkräftig in die neue Zeit hineingreifen.

Wir brauchen solche Männer, zu denen wir aufblicken können, aus deren Art und Wesen wir Mut und Wärme schöpfen und an deren Lebensarbeit wir die Hoffnung stützen können, wie unserm Volk so unserer Wissenschaft treu zu dienen, wenn wir ihrem Vorbild nachfolgen.

Richard Hertwig und die experimentelle Zoologie.

Von Richard Goldschmidt, Berlin-Dahlem.

Die große Generation deutscher Zoologen, die in den 70er Jahren heranwuchs, stand zunächst völlig unter dem Bann des Darwinismus, der, geführt von so streitbaren Vorkämpfern wie *Haeckel* und *Huxley*, seinen Siegeszug vollendet hatte. Das Licht, das die Abstammungslehre auf Morphologie, Entwicklungsgeschichte und vergleichende Anatomie geworfen hatte, erleuchtete ein unerschöpfliches Feld der Betätigung für den Naturforscher, dem sich denn auch fast alle jungen Kräfte zuwandten. Gerade in dieser Zeit erschloß sich aber der Wissenschaft vom Leben ein neues Forschungsgebiet, das versprach, einen direkten Einblick in die Geheimnisse des Lebens zu gewähren: die rasch aufeinander folgenden Entdeckungen über Zellteilung, Befruchtung und über die Fortpflanzung der Einzelligen rückten die Zelle als den Elementarorganismus in den Vordergrund des Interesses. So sehen wir denn auch den jungen *Richard Hertwig*, der bereits in der so fruchtbaren engen Zusammenarbeit mit seinem Bruder an einigen der entscheidenden Entdeckungen teilgenommen hatte, sich dem Studium der Zelle und der Einzelligen in der Art widmen, die für all seine späteren Arbeiten so charakteristisch blieb. Es brachte wohl in gleicher Weise das Wesen des Objekts wie ihre natürliche Anlage es mit sich, daß die Brüder *Hertwig* von Anfang an in ihren berühmten gemeinsamen Arbeiten feinste morphologische Untersuchung mit dem analytischen Experiment verbanden. Die Arbeit am Meere mit künstlich befruchteten Seeigeleiern forderte geradezu heraus, den Befruchtungsvorgang und die ersten Entwicklungsvorgänge unter den variierenden Bedingungen des Experimentes zu studieren. So wurden die ersten analytischen Versuche am

Seeigelei ausgeführt, natürliche und künstliche Polyspermie studiert, die Bastardierung als Hilfsmittel der Forschung herangezogen und die erste Entdeckung der künstlichen Parthenogenese gemacht. Die letzte dieser gemeinsamen Untersuchungen „Über den Befruchtungs- und Teilungsvorgang des tierischen Eies unter dem Einfluß äußerer Agentien" (1887) bildet zweifellos den Ausgangspunkt für jene Fülle entwicklungsphysiologischer Arbeiten am Seeigelei, denen die Biologie so unendliche Erkenntnis verdankt. Kein Geringerer als *R. Hertwigs* größter Schüler, *Theodor Boveri*, sagte anläßlich des 60. Geburtstages unseres Jubilars: „Hier ist es vor allem die große Arbeit über die Befruchtung und Teilung des tierischen Eies unter dem Einfluß äußerer Agentien, der ich den Preis zuerkennen möchte, wobei freilich wieder ein starkes persönliches Element mitsprechen mag. Denn nicht nur hatte ich das Glück, die Ausarbeitung dieser fundamentalen Versuchsergebnisse in den Jahren 1886/87 zum großen Teil miterleben zu dürfen, sondern es hat auch diese Arbeit auf meine eigene wissenschaftliche Tätigkeit den größten Einfluß ausgeübt."

Richard Hertwig, der sich inzwischen anderen Problemen zugewandt hatte, nahm dann allerdings nur noch in einer 1896 erschienenen genauen morphologischen Bearbeitung des künstlich-parthenogenetischen Materials an der weiteren Erschließung dieses Gebietes teil, wenn auch noch manche Schülerarbeit von der alten Liebe des Lehrers zeugte.

Gleichzeitig mit jenen am Meer ausgeführten Untersuchungen hatte *R. Hertwig* seine Liebe den Einzelligen zugewandt und für Jahrzehnte hinaus bildeten die Protozoen sein Lieblingsobjekt, in dessen Kultur, morphologischer Untersuchung und experimenteller Behandlung er unerreichter Meister wurde. Und auch hier begann er von Anfang an neben den morphologischen Studien, deren berühmteste Resultate die Aufklärung des Konjugationsvorganges der Infusorien und des Lebenszyklus des Aktinosphärium sind, experimentelle Arbeiten, deren Ziel es war, die rätselhafte Bedeutung des Befruchtungsvorganges, der Teilfähigkeit der Zelle, von Leben und Tod aufzuhellen. Auch von diesen Versuchen, die sich gemeinsam mit denen zahlreicher Schüler bis ins erste Jahrzehnt dieses Jahrhunderts erstrecken, kann man sagen, daß sie der experimentellen Erforschung ein gewaltiges Gebiet eröffneten, das heute noch auf das intensivste bebaut wird.

Hertwig ging, wie auch *Bütschli* und *Maupas*, von der Frage aus, ob die Konjugation der Infusorien, also die Befruchtung, einen Verjüngungsprozeß darstelle und versuchte zu einer Lösung zu gelangen, indem er den gesamten Lebenszyklus an sorgfältig geführten Zählkulturen verfolgte und ferner ihn durch äußere Agentien wie Hunger, reiche Fütterung, Kälte und Wärme experimentell abzuändern suchte. Schon damals ging er bei den Zuchten von einem einzelnen exkonjugierten Tier aus, arbeitete also mit reinen Linien, wie sie heute besonders in den Arbeiten der amerikanischen Schule eine so große Rolle spielen. Schon damals (1889) entdeckte er die in den Depressionsperioden der Paramäcien stattfindende Parthenogenesis, die erst jetzt durch *Erdmann* und *Woodruff* völlig geklärt wurde. Das erste allgemeine Resultat dieser Studien (1889) war, „daß die Befruchtung nicht die Aufgabe haben könne, die durch vorhergegangene lebhafte Vermehrung erloschene Teilungsfähigkeit der Infusorien wieder herzustellen, sondern im Gegenteil, die übermäßig gesteigerte Lebensfunktion und Teilungsenergie zu mäßigen, damit sie nicht zum Untergang des Organismus führen". Dieser regulatorische Einfluß des Befruchtungsprozesses (welche Idee alsbald auf alle Organismen übertragen wurde) wurde folgendermaßen aufgefaßt: Die Funktion der Zelle beruht auf einer Wechselwirkung zwischen Kern und Protoplasma. Lang andauernde Funktion bringt eine Schädigung mit sich und damit die Nötigung, zeitweise auf ruhende Zellen zurückzugreifen. Weitere Studien an Infusorien und Aktinosphärien führten nun im einzelnen zur Überzeugung, daß jene Wechselwirkung zwischen Kern und Protoplasma darin bestehe, daß beim Lebensprozeß die chromatische Kernsubstanz auf Kosten des Protoplasmas zunimmt, daß aber das normale Verhältnis wieder hergestellt wird, indem überschüssiges Chromatin aus dem Kern austritt. Dies ist eine Art von Selbstregulation der Zelle. Nur ein kleiner Schritt führt von hier zu der Idee der Kernplasmarelation, der Annahme, daß einer jeden Zelle eine bestimmte normale Korrelation von Kern- und Plasmagröße zukommt. *Gerassimoff* wie *Boveri* hatten bereits aus ihren bedeutungsvollen Experimenten einen solchen Schluß gezogen, dem nun *Hertwig* nicht nur eine präzise Fassung gab, sondern auch daran ging, experimentell die Bedeutung dieser Korrelation für die mannigfachsten Grundphänomene des Zellebens, für Teilung und Befruchtung, für normales und pathologisches Wachstum, für Alter und Tod zu erforschen.

Zunächst wurden an genau kontrollierten Zählkulturen von Infusorien und Heliozoen einesteils die typischen Verhältnisse in bezug auf die Kernplasmarelation messend festgestellt, anderenteils die Einwirkung der verschiedensten äußeren und inneren Faktoren analysiert, Untersuchungen, an denen in enger Zusammenarbeit mit dem Meister auch *Hertwigs* Schüler *Erdmann, Kasanzeff, Koehler, Marcus, Popoff, Rautmann, Smith, Wassilieff, Wierzbicki* lebhaften Anteil nahmen. Eines der Hauptresultate dieser Studien war die Theorie der Zellteilung auf Grund der Lehre von der Kernplasmarelation. *Hertwig* fand, daß zwischen zwei Teilungen das funktionelle Wachstum des Kerns ein geringeres ist wie das des Plasmas. So muß das durch die Kernplasmanorm gegebene Gleichgewicht gestört werden, die Kernplasmarelation muß eine Verschiebung erfahren zu Un-

gunsten des Kerns, es muß sich eine Kernplasmaspannung entwickeln, welche allmählich zunimmt, bis schließlich ein Grad erreicht wird, der die Teilung auslöst, und zwar tritt ein rapides Wachstum, das Teilungswachstum des Kerns, ein, das natürlich auf Kosten des Protoplasmas stattfindet. Die dabei im Plasma hervorgerufenen Stoffumlagerungen bilden den direkten Teilungsreiz.

Von hier führte nur ein kleiner Schritt zu der Anwendung des Prinzips auf das Furchungsphänomen. Zwischen der Größe des reifen Eikerns und des Eiprotoplasmas besteht ja ein ungeheures Mißverhältnis; dies wird aber mit jedem Furchungsschritt immer mehr ausgeglichen, so daß das Ende des Furchungsprozesses mit dem Ende der normalen Kernplasmaspannung zusammenfällt. Diese Auffassung wieder führte zu experimentellen Untersuchungen am Seeigelei in einer Reihe von Schülerarbeiten, in denen Furchungsgeschwindigkeit, Zellgröße, Kerngröße und Chromosomengröße in ihren gegenseitigen Verhältnissen im Normalfall wie unter den Bedingungen des Experiments verglichen wurden. Aus all dem wuchs dann schließlich die auf die Unterscheidung von cytotypischem und organotypischem Wachstum gegründete Theorie von Wachstum, Differenzierung, Verjüngung, Alter und Tod heraus, die ihren klarsten Ausdruck in dem Vortrag „Über die Ursache des Todes" fand. Leider ist diese für *Hertwigs* Gedankengänge wie Darstellungskunst gleich bedeutungsvolle Arbeit nur in der Beilage zur Allgemeinen Zeitung 1906 gedruckt worden.

Richard Hertwig näherte sich bereits den Sechzigern, als er begann, mit der für sein Schaffen so charakteristischen angespannten Intensität und Begeisterungsfähigkeit zu versuchen, auch das Geschlechtsproblem vom Standpunkt der vorstehend skizzierten Gedankengänge aus in Angriff zu nehmen. Der Ausgangspunkt war die Feststellung, daß die Kernplasmarelation bei den reifen Geschlechtszellen im Vergleich zu anderen Körperzellen stark abgeändert ist, und zwar in den beiden Geschlechtern nach entgegengesetzten Extremen. Dies betrachtete *Hertwig* als „das einzige zurzeit bekannte allgemein wiederkehrende Kriterium der Sexualität. Wir haben zunächst keine Ursache anzunehmen, daß der geschlechtlichen Differenzierung noch irgendeine weitere tiefere Ursache zugrunde liegt; wohl aber haben wir Veranlassung anzunehmen, daß sich im Anschluß an die hervorgehobene verschiedene Zellenregulation all die Unterschiede entwickelt haben, welche in sehr vielen Fällen einen so gewaltigen Unterschied männlicher und weiblicher Individuen veranlassen". Daraus folgte dann, daß die geschlechtsbestimmenden Faktoren unter den Einflüssen zu suchen sind, welche umgestaltend auf die Kernplasmarelation wirken. In diesem Sinn wurden daher die Versuche begonnen. Es soll nicht verschwiegen werden, daß *Hertwig* selbst längst diese seine Arbeitshypothese aufgab, sobald die Entdeckung über Geschlechtschromosomen eine Neuorientierung nötig machte. Trotzdem aber hat jener Gedankengang sich als fruchtbar erwiesen, indem in seinem Gefolge zuerst Versuche zum Sexualitätsproblem in Angriff genommen wurden, die konkrete, experimentell prüfbare zellphysiologische Voraussetzungen hatten. Als sich dann im Lauf der Jahre, wie bei jeder langwierigen Experimentalarbeit, die Notwendigkeit ergab, die Grundvorstellungen zu revidieren und neuen Erkenntnissen anzupassen, war *Hertwig* stets mit jugendlichem Optimismus bereit, auch lieb gewordene Vorstellungen über Bord zu werfen. So bildet die Serie von Arbeiten zum Sexualitätsproblem, an Coelenteraten, Crustazeen, Würmern, Mollusken, Amphibien, die *Richard Hertwig* samt seinen Mitarbeitern *Chambers, Frischholz, Grunewald, Issakowitsch, Koch, Krapfenbauer, Kuschakewitsch, Lipps, Papanikolau, Schmitt-Marcell, Witschi* ausführte, eine kontinuierliche Stufenleiter vertiefter Erkenntnis; wir brauchen nicht auf Einzelheiten einzugehen, die ohnedies jedem Biologen wohlbekannt sind. Wir sind auch wohl nicht indiskret, wenn wir verraten, daß noch heute unser Jubilar mit größter Intensität diese Arbeiten im Geiste der neuesten Erkenntnisse fortführt. Hoffen wir, daß es ihm selbst noch gelingen werde, die überaus verwickelten Verhältnisse seines Lieblingsobjekts, der Amphibien, restlos zu klären und damit im achten Jahrzehnt die Arbeit des siebenten zu krönen.

Der kurze, von allen Einzelheiten absehende Überblick über *Richard Hertwigs* experimentelle Arbeiten läßt wohl das erkennen, was uns in erster Linie für sein Schaffen charakteristisch zu sein scheint: die klare Problemstellung, die jede Untersuchung als bestimmten Baustein eines umfassenden Ideengebäudes in Angriff nehmen ließ; die eiserne Konsequenz, mit der einmal für richtig erkannte Prinzipien auf immer weitere Gebiete übertragen wurden, und die Zähigkeit, mit der die Lösungen in der gewünschten Richtung erarbeitet wurden. Dies war natürlich einmal nur möglich auf Grund einer so umfassenden Beherrschung und objektiven Wertung des Gesamtfaches, wie wir Jüngeren sie immer wieder zu bewundern Gelegenheit hatten. Es war nur möglich auf Grund einer ungezähmten Arbeitsenergie, die keinen Unterschied von Tag und Nacht kannte, die die Jüngeren gar oft beschämte. Es war nur möglich durch ein liebevolles Versenken in das Objekt, das, im Verein mit einer glücklichen Hand, *Hertwig* die Meisterschaft in den von ihm mit Vorliebe benutzten Methoden der kontrollierten Zucht gab. Endlich war es nur möglich durch die Herzenseigenschaften, die im Wettbewerb mit seinem wissenschaftlichen Ruhm *Richard Hertwig* stets einen großen und treuen Kreis von Schülern und Mitarbeitern zuführten.

Richard Hertwig begann vor nunmehr fast 50 Jahren seine Laufbahn als experimentierender

Biologe zu einer Zeit, in der die Notwendigkeit des Experimentes für die Lösung zoologischer Probleme noch wenig erkannt war. Dies hinderte ihn aber nicht, zeitlebens ein Biologe im umfassendsten Sinne des Wortes zu sein, der einer jeden Forschungsrichtung, die auf wahre Erkenntnis zielte, ihre Berechtigung zuerkannte. Er selbst bediente sich der experimentellen Methode, wo sie ihm Erfolg versprach, verwarf aber deshalb nicht andere Arbeitsrichtungen. Im Gegenteil ließ er stets genaueste morphologische Untersuchung mit dem Experiment Hand in Hand gehen und vermied so die Gefahr, der nicht alle experimentierenden Biologen entgingen, dem Objekt selbst entfremdet zu werden. Sicherlich möchte *Richard Hertwig* nach 50 Jahren experimenteller Arbeit und als Vater der größten Schule experimenteller Biologen, die sich in dieser Zeit in Deutschland heranbildete, nicht als Experimentalzoologe bezeichnet werden. Er ist vielmehr ein Zoologe im besten und umfassendsten Sinn des Wortes. Auf der anderen Seite aber erkannte er frühzeitig, daß die Probleme der Zoologie an einem Punkt ihrer Entwicklung angelangt waren, an dem das analytische Experiment einsetzen mußte, um einen weiteren Erkenntnisfortschritt zu ermöglichen. So trat er nicht nur in seinem Institut, für Jahrzehnte dem größten und internationalsten akademischen Zentrum der Zoologie, für die Förderung der experimentellen Zoologie ein, sondern warb öffentlich in vielen Vorträgen und Aufsätzen für die Schaffung der notwendigen Einrichtungen zu moderner experimenteller Forschung. Wenn die experimentelle Biologie endlich auch bei uns eine groß angelegte Forschungsstätte erhielt, so ist das nicht zum geringsten *Richard Hertwigs* überzeugendem Eintreten und selbstloser Begeisterung für alles Aufstrebende und Fortschrittliche zu verdanken. Wenn heute die zahllosen Schüler und Freunde *Richard Hertwigs* dem Siebziger ihre dankbaren Glückwünsche darbringen, so beanspruchen die Experimentalzoologen unter ihnen deshalb das Vorrecht, einen besonders duftigen Blütenstrauß überreichen zu dürfen.

Richard Hertwig und die Lehre von den Chromidien und dem Chromatindualismus.

Von Paul Buchner, München.

Gelegentlich seiner Untersuchungen über den Bau und die Vermehrung kleiner beschalter Süßwasserrhizopoden der Gattung Arcella stieß *Richard Hertwig* auf eine eigentümliche, dem Protoplasma eingelagerte Substanz, die in ihrem färberischen Verhalten eine weitgehende Verwandtschaft mit dem Kernchromatin bekundete. Unregelmäßig gestaltet, aber scharf begrenzt, erfüllt sie eine ringförmige Zone in dem kreisrunden, abgeflachten Tier und umschließt die beiden außerdem vorhandenen, sehr chromatinarmen Kerne (1899). Die Auffassung, daß dieses „Chromidium" tatsächlich aus Kernsubstanzen bestehe, vermochte ihr Entdecker insbesondere noch dadurch zu erhärten, daß er zeigen konnte, daß vor einem Zerfall in viele ausschwärmende Einzeltiere deren Kerne unter Umgehung der alten „Primärkerne" sich aus dem vordem unorganisierten Chromidialnetz aufbauen. Blieb dessen Neubildung in den jungen Tieren anfangs noch unklar, so gelang es in der Folge einem Schüler *R. Hertwigs, M. Popoff,* bei Euglypha alveolata, diese Lücke auszufüllen und damit einen weiteren Beweis für die richtige Bewertung der Substanz zu liefern. Sie tritt bei dieser einkernigen Form erst kurz vor der Bildung neuer Kerne im unmittelbaren Umkreis um den Kern, gleichsam von diesem ausgeschwitzt, auf, und entsprechend ihrem Anwachsen wird jener immer chromatinärmer (1912).

Damit wurde ein Begriff in die Protozoenzytologie eingeführt, der sich in der Folge als sehr fruchtbar erwies. Es stellte sich heraus, daß solches extranukleäres, nicht in Kernform gebundenes Chromatin nicht auf Arcella und ihre nächsten Verwandten beschränkt, sondern auch sonst vorhanden ist. *R. Hertwig* selbst konnte sich überzeugen, daß auch bei Actinosphaerium, dem Sonnentierchen, das ihm bereits zu seinen grundlegenden Studien über die Encystierung, Reifung und Befruchtung bei den Heliozoen diente, neben den hier in der Vielzahl vorhandenen Kernen im Plasma massenhaft kleinste Chromatinpartikelchen vorkommen und vermochte an diesem Objekt ihre Ableitung von den Kernen mit aller nur wünschenswerten Eindeutigkeit festzustellen (1904). Gelang es ihm ja sogar, in Hungerkulturen alle Stufen des Kernzerfalles bis zu deren völligem Schwund zu erzielen, so daß reine „Chromidialtiere" entstanden, deren gesamte Kernsubstanz die Zelle allseitig staubförmig durchsetzte. Den Chromidien entsprechende Einrichtungen, die sich in anderen Heliozoen sowie in den marinen Foraminiferen finden, harren noch der weiteren Erforschung, während bei Radiolarien durch *Borgert* ein Chromatinaustritt mit nachfolgender Kernbildung in besonders klarer und eindeutiger Weise beschrieben wurde (1909).

Vergleicht man die Arcella-Chromidien mit denen von Actinosphaerium, so ergibt sich eine weitgehende Verschiedenheit hinsichtlich der in ihnen schlummernden Potenzen. Die letzteren sind nach *R. Hertwigs* Beobachtungen und Überlegungen als Ausdruck einer durch gesteigerte Funktionen notwendig werdenden Regulation anzusehen, und die völlige Auflösung der Kerne ist die Folge einer bedeutenden Kernhypertrophie. Wenn die Tiere sich in der Folge innerhalb der Cyste geschlechtlich fortpflanzen, spielen diese Chromatinmaterialien, die unter Umständen sogar Pigmenten den Ursprung geben, keinerlei Bedeutung, ja es werden hierbei allemal noch eine ganze Anzahl weiterer Kerne teils auf-

gelöst, teils ausgestoßen. Das Chromidialnetz der Arcellen aber stellte, wie wir sahen, eine normale Einrichtung dar und blieb mit der Fähigkeit begabt, Fortpflanzungskerne aufzubauen, durch die Eigenschaften übertragen werden. Eine solche Gegenüberstellung macht ohne weiteres deutlich, daß das Chromatin bei zwei ganz verschiedenen Leistungen des Organismus beteiligt ist, bei trophischen, die Bedürfnisse des Stoffwechsels während des vegetativen Lebens befriedigenden, und bei idioplasmatischen, erst bei der Erzeugung von Nachkommen in die Erscheinung tretenden.

Ein völlig vergleichbarer Gegensatz liegt ja auch von Zellteilen auf ganze Zellen übertragen vor, wenn wir seit *Weismann* zwischen dem Soma eines Organismus und den in dieses eingeschlossenen Keimzellen scharf unterscheiden. Vielfach neigt man dazu, diese Trennung als eine prinzipielle anzusehen, und man muß zugeben, daß sie sich vielfach in einen überraschend scharfen Gegensatz zu den Körperzellen stellen, der insbesondere dadurch betont wird, daß wir die Sonderung der beiden Elemente bei vielen Objekten schon auf den frühesten Entwicklungsstadien feststellen können, ja oft in der Lage sind, im unbefruchteten oder gar erst heranwachsenden Ei ein spezifisches Anlagenplasma für die künftige Geschlechtsdrüse zu umschreiben. Trotzdem sind wir aber genötigt, bei Berücksichtigung der ursprünglichen Verhältnisse der Schwämme und Cölenteraten oder gar der Pflanzen in solchen Vorkommnissen nur die Extreme einer lediglich graduellen Arbeitsteilung zu sehen und der Zelle an sich die beiderlei Fähigkeiten zuzuschreiben.

In ganz ähnlicher Weise gehen die Meinungen hinsichtlich der verschiedenen Funktionen der chromatischen Substanz auseinander. Auf der einen Seite stehen Zoologen, welche die Hypothese aufgestellt haben, daß ihr Charakter von vornherein ein bei allen Organismen mehr oder minder deutlich wiederkehrender dualistischer sei (*Schaudinn* [1903], *Goldschmidt* [1904]), auf der anderen Seite Forscher, die lediglich eine je nach den Bedürfnissen verschieden weitgehende Sonderung sehen, also wiederum nur graduelle, nicht essentielle Unterschiede annehmen (*R. Hertwig* 1907). *R. Hertwig* insbesondere wies darauf hin, wie so allein eine sinngemäße Deutung der von Fall zu Fall sehr verschiedenartigen Verhältnisse möglich wird. An dem einen Ende einer langen Reihe stehen die Ciliaten, bei denen eine dauernde Sonderung des Chromatins in einen Geschlechtskern und einen somatischen Kern (Mikro- und Makronukleus) durchgeführt wird; der Makronukleus geht hier im Laufe der Konjugation jedesmal völlig zugrunde und die Mikronuklei allein werden, nachdem sie, den Geschlechtskernen der Metazoen gleich, einen Reifungsprozeß durchgemacht haben, von den beiden Partnern ausgetauscht und differenzieren sich nachträglich aufs neue in die beiden Kernsorten. Die Chromidien der Aktinosphärien und das Chromidialnetz der Arcellen sind aber für ihn nichts hiervon wesentlich verschiedenes, und die Unterschiede, die wir zwischen beiden fanden, werden lediglich durch den Zeitpunkt ihrer Lebensgeschichte bedingt, indem die ersteren funktionell erschöpft sind, die letzteren sich in voller Tätigkeit befinden. Die Hypothese, die den äußerst chromatinarmen Kernen der Arcellen die Lösung der trophischen Aufgaben überlassen und den bis in die Regionen der Verdauung vordringenden, das Plasma innig durchsetzenden Substanzen lediglich generative Bedeutung zuschreiben will, preßt tatsächlich Dinge in ein starres Schema, die in Wirklichkeit einen labilen Charakter besitzen. Bedarf die Zelle aus funktionellen Gründen größere Chromatinmassen, so vermag sie diese zur rechten Zeit zu entfalten und, wenn sie ihren Dienst getan haben, als überflüssig wieder abzustoßen; nur bleibt für gewöhnlich dieses ad hoc entstehende Chromatin, wenn es im Kern verbleibt und nicht sehr reichlich ist, unauffällig.

Von Anfang an rechnete *R. Hertwig* mit der Möglichkeit, daß auch bei den Metazoen ein in das Protoplasma übertretendes Trophochromatin vorkommen könnte und verwies in diesem Zusammenhang insbesondere auf die mehrfachen Angaben, die von einem Chromatinaustritt aus den Kernen wachsender Eizellen sprachen. Einige Schüler *R. Hertwigs* haben diese Seite der Chromidienlehre weiter auszubauen versucht, ohne sich dabei allerdings zunächst an die Notwendigkeit eines exakten Nachweises der wirklich chromatischen Natur der betreffenden Plasmaeinschlüsse gebunden zu fühlen. So haben sich vor allem die von *R. Goldschmidt* in den Zellen des Spulwurmes als Chromidien beschriebenen Strukturen, in denen auch *R. Hertwig* zunächst „glänzende Beispiele" von solchen sah, nicht als solche bestätigt und bedeutete *Goldschmidts* Versuch, die verschiedensten, schon vordem unter dem Namen von Mitochondrien, Trophospongien, Ergastoplasmen usw. beschriebenen Strukturen als ausgetretenes Kernchromatin einem einheitlichen Verständnis zuzuführen, keinen Fortschritt für die Chromidienlehre der Metazoen. Als ein wertvolles Resultat der von *Meves* inaugurierten Studien dürfen wir vielmehr die Feststellung ansehen, daß die so verbreiteten, wenn nicht in jeglicher Zelle vorhandenen Mitochondrien mit Chromidien nichts zu tun haben.

Völlig verfehlt wäre es jedoch, deswegen das Kind mit dem Bade auszuschütten und die Existenz eines Chromidialapparates bei Metazoen völlig in Abrede stellen zu wollen, wozu vielfach die Neigung herrscht (so bei *Doflein* in seinem Lehrbuch der Protozoenkunde). Es verbleibt vielmehr nach wie vor eine wenn auch bis jetzt nicht allzu große Reihe von Erscheinungen, die selbst bei vorsichtiger Beurteilung unter diesen Begriff fallen. Unanfechtbar dürften vor allem meine Beobachtungen an den akzessorischen Kernen der Hymenoptereneier sein, da hier insofern selten

günstige Objekte vorliegen, als das an der Kernoberfläche auftauchende Chromatin nicht wie sonst unorganisiert bleibt, sondern selbst Kernform annimmt und hierbei, was Nukleolen und Habitus des Gerüstes anlangt, jeweils völlig genau den Charakter des eigentlichen Eikernes der betreffenden Spezies wiederholt (1918). Damit kommt zu den trügerischen färberischen und topographischen Momenten ein sicheres anatomisches hinzu, das für die Frage der Metazoenchromidien die gleiche Bedeutung hat wie dort bei den Arcellen für die Protozoen.

Was die Funktionen dieser akzessorischen Kerne anlangt, so handelt es sich um solche von ausgesprochen trophischem Charakter; die Chromosomen bleiben bei ihrer Bildung völlig unbeteiligt, um erst am Ende der Wachstumsperiode der Eizelle mit einer minimalen Chromatinmenge beladen in die Reifeteilungen einzugehen, während sie selbst sich lebhaft amitotisch vermehren, das ganze dotterbildende Ei durchsetzen und sich an den Stellen intensiven Stoffwechsels ansammeln. Die Ausbildung der Tetraden aber stellt für sie das Stichwort dar, auf das hin sie vom Schauplatz ihrer Tätigkeit abtreten und degenerieren.

Keineswegs tritt aber immer der beträchtlichere Teil des durch die Bedürfnisse des wachsenden Eies hervorgebrachten Chromatins in das Plasma über oder bildet gar in diesem noch Kerne; es ist vielmehr eine sehr häufige Regel, daß jenes Trophochromatin im Eikern verbleibt, sei es, daß es in mächtigen Nukleolenvorräten seinen Niederschlag findet oder zu einem beträchtlichen, später wieder rückgängig zu machenden funktionellen Wachstum der Chromosomen verwandt wird. In allen möglichen Abstufungen der Mengenverhältnisse und der morphologischen Sonderung sehen wir hier Arbeitschromatin und Erbchromatin sich bilden, aber wir haben hier ebensowenig wie bei den Protozoen triftige Gründe, hierin mit *Schaudinn* und *Goldschmidt* die Äußerungen eines prinzipiellen Dualismus zu sehen. Wir können wiederum höchstens mit *R. Hertwig* sagen, daß „Arbeitsteilung schließlich zu einem Dualismus der Kernsubstanzen führt", aber man wird gut tun, auch dann nicht etwa unter Dualismus allmählich sich steigernde, einen *wesentlichen* Unterschied zeitigende Sonderung des Chromatins zu verstehen. Wissen wir ja von den Chromosomen, daß die in sie eingelagerten, mit Kernfarbstoffen darstellbaren Substanzen, die wir Chromatin nennen, keineswegs eine konstante Bildung sind und nicht nur ständigem Wechsel, sondern auch zeitweisem völligem Schwund ausgesetzt sind. Selbst *Boveri*, der die Individualitätsfrage der Chromosomen am schärfsten durchdacht hat, paßte schließlich seine Auffassung dem an, was man als Achromatinerhaltungshypothese bezeichnet hat. Letzten Endes wird man die Frage nach dem Dualismus der Chromatinsubstanzen wohl nur so beantworten dürfen, daß man sagt, es gibt vom funktionellen Standpunkt nur einerlei Chromatin, das die Zelle nach ihren Bedürfnissen wechselnd reichlich bildet, und von dem sie unter Umständen bei Protozoen wie bei Metazoen einen Teil an das Plasma als Chromidien übertreten läßt oder von vorneherein hier aufbaut[1]). Vor dem Eintritt in die Mitose belädt sich jedes Chromosom mit einer beschränkten Menge hiervon, die durch die jeweilige Intimstruktur desselben bedingt ist. Diesen Teil des Chromatins mag man dann Idiochromatin nennen, den zugrunde gehenden Trophochromatin.

Richard Hertwigs Untersuchungen über das Nervensystem und die Sinnesorgane der Medusen.

Von Hans Nachtsheim, München.

Die moderne Zoologie steht im Zeichen des Experimentes. Die hervorragenden Verdienste, die sich *Richard Hertwig* um die Entfaltung der experimentellen Forschungsrichtung in der Zoologie erworben hat, werden in den Aufsätzen dieses Heftes zur Genüge gewürdigt. Als indessen vor 50 Jahren *Hertwig* seine wissenschaftliche Tätigkeit begann, war die Blütezeit der Morphologie, der die Deszendenztheorie den Weg wies. *Haeckels* „Generelle Morphologie" war erschienen, in der zum erstenmal der Versuch unternommen wurde, die Entwicklungslehre auf die gesamte organische Formenwissenschaft anzuwenden. Eine Fülle neuer Probleme war aufgetaucht. *Hertwig* hatte das Glück, an der Stätte des Wirkens des „begeisterten und begeisternden Vorkämpfers der Entwicklungslehre", wie er ihn selbst nennt, seine wissenschaftliche Ausbildung zu erhalten und auch weiterhin tätig sein zu können. Und so sehen wir ihn denn in dieser ersten Periode seiner Wirksamkeit als eifrigen Förderer Haeckelscher Ideen. Es kann nicht unsere Aufgabe sein, in wenigen Zeilen darzulegen, was die vergleichende Anatomie und Entwicklungsgeschichte *Richard Hertwig* verdankt. Die Untersuchungen über den Organismus der Medusen, dann die verschiedenen Studien zur Blättertheorie gehören, um nur einige Arbeiten zu nennen, dieser ersten Periode an. Es soll im folgenden von dem Werk die Rede sein, das, wie mir scheint, unter den Arbeiten dieser Zeit die hervorragendste Stelle einnimmt, von den klassischen Untersuchungen über das Nervensystem und die Sinnesorgane der Medusen (1878), die *Richard Hertwig* — wie viele Arbeiten der ersten Zeit — gemeinsam mit seinem Bruder *Oscar* ausführte. *Boveri*, der dieses Buch als seinen besonderen Liebling bezeichnete, charakterisierte es bei der Feier von *Hertwigs* 60. Geburtstag in der Ansprache an ihn mit den Worten: „Die hier zum erstenmal zu voller Klarheit aufgedeckten Ver-

[1]) *R. Hertwig* hat bereits selbst die Möglichkeit einer im Protoplasma sich abspielenden Chromatinsynthese ins Auge gefaßt (1902), und von physiologischer Seite wird ein solcher Vorgang ziemlich allgemein angenommen. Auch morphologische Tatsachen ließen sich hierfür anführen.

hältnisse eines einfachsten Nervensystems und die Enthüllung so merkwürdiger und mannigfaltiger Sinnesorgane an diesen Geschöpfen, die Feinheit der Technik, mit der dies alles herausgearbeitet, die Anschaulichkeit und der Geschmack, mit denen es bildlich dargestellt ist, der scharfe Verstand, der es beleuchtet, die schriftstellerische Kunst, mit der es dem Leser vorgeführt wird — diese Eigenschaften, die freilich auch Ihre anderen Werke zieren, scheinen sich hier in besonders glücklicher Weise zusammengefunden zu haben."

Bis zu *Haeckels* Zeiten war die vergleichende Anatomie, die vom Studium des menschlichen Körpers ihren Ausgang nahm, in der Hauptsache Wirbeltieranatomie geblieben. Mit dem Durchbruch des Deszendenzgedankens wandte man aber seine Aufmerksamkeit mehr und mehr niederen Formen zu, die man ja als die Vorfahren der höher entwickelten Organismen betrachtete; es wurde der Wunsch rege, durch das Studium phylogenetisch tief stehender Lebewesen einen Einblick zu gewinnen in die Organbildung höherer Tiere. Gerade die Cölenteraten verdienten hier besonderes Interesse, jene Tierklasse, bei der zum erstenmal eine Sonderung der Gewebe durchgeführt ist. Während der Körper der höheren Tiere sich aus drei Keimblättern aufbaut, bestehen diese niedersten Vielzeller nur aus zwei Zellschichten, Ektoderm und Entoderm, das mittlere Keimblatt fehlt vollständig oder erlangt doch keine bedeutende Ausbildung. Trotz dieses im Grunde einfachen Baues sehen wir einzelne dieser Tiere, wie die Medusen, eine erstaunliche Höhe in der Differenzierung ihrer physiologischen Leistungen erreichen, die einen Hinweis dafür bietet, daß innerhalb der beiden Keimblätter bereits eine weitgehende Arbeitsteilung stattgefunden hat.

Ungeachtet ihrer hohen physiologischen Leistungen hatte man den Medusen lange Zeit den Besitz eines Nervensystems abgesprochen. Erst *Haeckel* (1866) gelang es, Ganglienzellen und Nervenfasern aufzufinden, während *Eimer* (1874) und vor allem *Romanes* (1876) durch experimentelle Untersuchungen dazu kamen, die Existenz eines Nervensystems zu postulieren. Der letztgenannte Forscher konnte so weit gehen, lediglich auf Grund seiner Experimente sogar Aussagen über den Bau dieses Nervensystems zu machen: er nahm bei den Medusen ein Zentralorgan an, das er am Scheibenrande lokalisiert dachte, sowie einen über die ganze Meduse sich hinziehenden Nervenplexus. Den Beweis für die Richtigkeit dieser Annahmen erbracht zu haben, ist das Verdienst der Brüder *Hertwig*. Durch Untersuchung einer großen Reihe von Medusen aus den verschiedensten Gruppen vermittelten sie uns eine genaue Kenntnis über die Beschaffenheit und Anordnung der nervösen Bestandteile. Wie schon *Romanes* vermutete, läßt sich am Nervensystem der Medusen ein zentraler und ein peripherer Teil unterscheiden. Der zentrale Abschnitt findet sich am Schirmrande in der Form zweier Nervenringe, eines exumbrellaren und eines subumbrellaren, die durch die Stützlamelle des Velum getrennt werden. Beide Nervenringe liegen im Ektoderm und setzen sich aus Nervenfasern und Ganglienzellen zusammen, sind aber insofern verschieden, als der untere Ring besonders reich an Ganglienzellen ist. Er ist offenbar phylogenetisch älter und hat einen höheren Grad der Ausbildung erreicht, was sich auch in seinem Verhalten zu dem Epithel, dem er entsprossen ist, äußert; er liegt vollkommen selbständig unter dem Epithel, ohne allerdings aus dem Verband des Ektoderms auszuscheiden. Auch das periphere Nervensystem ist sehr einfach gebaut und liegt ganz im Ektoderm, zwischen Epithel und Basalmembran. Gesonderte Nervenstämme fehlen in ihm, es ist ein Plexus von Nervenfasern und Ganglienzellen, der sich vornehmlich in der Subumbrella und in den Tentakeln ausbreitet. Auf der Exumbrella sind keine nervösen Elemente vorhanden, eine Tatsache, die mit der Unempfindlichkeit dieser Körperpartie im Einklang steht. Auch das Velum entbehrt eines Plexus, höchstens sind einzelne Ganglienzellen nachweisbar.

Die vorstehend gegebene Beschreibung gilt für das Nervensystem der Craspedoten. Eine zweite Grundform weisen die Acraspeden auf, die Medusen ohne Velum. Zwar haben wir auch hier einen zentralen und einen peripheren Teil, aber der zentrale Teil besteht aus einzelnen vollständig getrennten Abschnitten, das Nervensystem befindet sich offenbar noch auf einer niedrigeren Entwicklungsstufe. Wahrscheinlich sind beide aus einer gemeinsamen indifferenten Grundform hervorgegangen, aus dem primitiven Nervensystem der Hydroiden.

Besonders wertvolle Ergebnisse zeitigte die Untersuchung der bei den Medusen in bunter Mannigfaltigkeit auftretenden Sinnesorgane. Mit einer bewundernswerten Genauigkeit werden bei jeder Form alle Einzelheiten untersucht und beschrieben in der Überzeugung, daß nur eine genaue Kenntnis des Baues uns sichere Rückschlüsse auf die Funktion dieser Organe gestattet, die man bis dahin bald als After der Medusen, bald als exkretorische oder sekretorische Organe, die Schleim absondern oder bei der Verdauung oder Atmung wirksam sein sollten, oder auch kurz als „rätselhafte Körper" beschrieben hatte. Daß es sich um Sinnesorgane handelt, war zwar auch schon vielfach vermutet worden, aber über ihre spezielle Funktion vermochte man sich infolge des Fehlens exakter Untersuchungen nur ungenaue Vorstellungen zu machen.

Ihrer Funktion nach lassen sich bei den Medusen drei verschiedene Sinnesorgane unterscheiden: Tast-, Seh- und „Gehör"organe, welch letztere, wie wir heute wissen, Gleichgewichts-Sinnesorgane sind. Die spezifischen Sinnesorgane haben sich nach *Hertwig* aus primitiven Sinneselementen entwickelt, aus modifizierten Epithelzellen,

von denen sich diese Sinneszellen nur durch ihre gestrecktere Gestalt, durch den Besitz eines Geißelhaares am peripheren Ende sowie dadurch unterscheiden, daß sie an ihrer Basis mit Nervenfibrillen in Verbindung stehen. Merkmale, die auf eine *bestimmte* Sinnesfunktion hinweisen, fehlen. In besonders großer Zahl finden sich solche indifferenten Sinneszellen am Schirmrande, wo sie ganze „Sinnesepithelien" bilden können. Auch die Tentakel scheinen reich mit Sinneszellen versehen zu sein.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß viele der „indifferenten" Sinneszellen auf Tastreize reagieren. Das kann als sicher gelten für Sinneszellen, die mit langen steifen Borsten versehen sind, die über die Oberfläche hervorragen. Die Verteilung dieser Tastapparate ist eine ähnliche wie die der indifferenten Sinneszellen; auch sie können in großer Zahl aneinandergereiht sein, so daß „Tastkämme" zustande kommen.

Die Lichtsinnesorgane der Medusen, die „Ocellen" oder „Augenflecke", sind im einfachsten Falle kleine Gruppen von Sinneszellen, die von einer Pigmentmasse eingehüllt werden. Die höher entwickelten Ocellen besitzen außerdem noch kleine lichtbrechende Körper, einfache Linsen, die aus einer Verdickung der Cuticula des Epithels entstehen.

In morphologischer wie physiologischer Hinsicht am interessantesten sind die sogenannten Gehörorgane, die statischen Organe, denen *Hertwig* seine besondere Aufmerksamkeit zuwandte. In den verschiedenen Abteilungen der Medusen zeigen sie einen sehr verschiedenen Bau, und auch in den einzelnen Abteilungen finden wir eine große Mannigfaltigkeit. Offenbar haben sich diese Organe mehrfach unabhängig voneinander und nach ganz verschiedenem Typus entwickelt. Die Gehörorgane des einfachsten Typus bauen sich ausschließlich aus in verschiedener Weise umgebildeten Ektodermzellen auf. Einzelne Ektodermzellen haben sich in große, derbwandige, mit Flüssigkeit gefüllte Blasen umgewandelt, in deren Mitte sich ein Konkrement befindet. Jede solche Blase wird umgeben von einer wechselnden Zahl ebenfalls modifizierter Ektodermzellen, den „Hörzellen", die einerseits mit Nervenfibrillen in Verbindung stehen und andererseits vermittels kurzer, dicker Haare, der „Hörhaare", die Konkrementblase tragen. Je nachdem ob die Konkrement- und Hörzellen frei an der Oberfläche liegen oder, von der Außenwelt abgeschlossen, in die Tiefe verlagert sind, spricht man von freien oder geschlossenen Apparaten. Ganz anders gebaut sind die Gehörorgane des zweiten Typus. Sie stellen umgewandelte Tentakel dar, an ihrer Zusammensetzung beteiligen sich Ektoderm- und Entodermzellen. In den verschiedenen Gruppen mit tentakulären Gehörorganen läßt sich eine zunehmende Differenzierung dieser Apparate feststellen. Die primitivsten Organe liegen an der Stelle von Tentakeln frei am Schirmrande. Die Basis bildet das „Hörpolster", eine hügelig vorgewölbte Partie des Sinnesepithels, aus stark verlängerten Zellen bestehend, die mit Hörhaaren versehen und an der Basis mit Fibrillen des oberen Nervenrings verbunden sind. Die Mitte des Hörpolsters trägt den umgewandelten Tentakel, das „Hörkölbchen". Es ist an dem Polster vermittels eines feinen Stielchens, wie der Klöppel einer Glocke, leicht beweglich befestigt, hängt frei ins Wasser, wird aber von Hörhaaren rings umschlossen. Entsprechend dem Tentakel, aus dem es hervorgegangen ist, ist es aus einem entodermalen Achsenteil und aus einer einfachen epithelialen Hüllschicht zusammengesetzt. Die terminale Achsenzelle scheidet ein Konkrement aus, das als „Otolith" bezeichnet wird. Wie bei den epithelialen Gehörorganen findet auch bei den tentakulären bei fortschreitender Differenzierung eine Verlagerung in die Tiefe statt, so daß wir auch hier freie und geschlossene Apparate unterscheiden können.

In der zweiten Arbeit haben *Richard Hertwig* und sein Bruder auch die übrigen Teile des Medusenorganismus einer eingehenden Betrachtung unterzogen (1878). Zwar sind seither die Medusen von vielen Seiten neu untersucht worden, vermittels einer verfeinerten Technik ist es auch vielfach gelungen, noch tiefer in den Bau der einzelnen Organsysteme einzudringen, durch Auffindung neuer, abweichender Formen ließen sich unsere Kenntnisse verbreitern. Im wesentlichen aber brachten die neuen Untersuchungen doch nur eine Bestätigung der Hertwigschen Befunde, und man darf wohl behaupten, daß es nur wenigen Forschern gelungen ist, mit einem Male so viel Licht über die Organisation einer Tiergruppe zu verbreiten, wie *Richard Hertwig* und seinem Bruder mit den Untersuchungen über den Bau der Medusen.

Richard Hertwig und der biologische Unterricht an den höheren Lehranstalten.

Von C. Zimmer, München.

Dem gewaltigen Aufschwung, den die biologischen Naturwissenschaften im letzten halben Jahrhundert genommen haben, entsprach und entspricht nicht ihre Stellung im Unterrichte an den höheren Lehranstalten. Diese zu erringen ist Kampf nötig, und unter den Vorkämpfern steht auch *Richard Hertwig*.

Auf der Hamburger Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte im Jahre 1901 hielt *Ahlborn* in einer stark besuchten gemeinsamen Sitzung der biologischen Sektionen einen Vortrag über die gegenwärtige Lage des biologischen Unterrichts an den höheren Schulen, an dessen Schluß er eine Anzahl von Thesen aufstellte. In der lebhaften Diskussion nahm auch *Hertwig* das Wort, um aus seinen Erfahrungen als Examinator in der Lehramtsprüfung zu

sprechen: Da der künftige Lehrer der Naturwissenschaften unter den bestehenden Verhältnissen niemals Gelegenheit hat, biologischen Unterricht in höheren Klassen zu erteilen, wirft er sein ganzes Interesse im Studium auf die exakten Naturwissenschaften und beschränkt sich in der Biologie auf das unumgänglich notwendige. Die Nachfrage nach biologischen Spezialvorlesungen auf den Universitäten ist demgemäß nur gering, ein Angebot lohnte sich somit nicht. Den Forderungen auf Schaffung neuer Professuren wurde nicht entsprochen, ja bestehende Professuren wurden eingezogen. So leidet der an und für sich schon unzureichende biologische Unterricht noch dadurch, daß er von Kräften erteilt wird, die dafür teils ein nur mangelhaftes Interesse, teils eine ungenügende Ausbildung besitzen. Eine Änderung verspricht sich *Hertwig* nur bei einer größeren Berücksichtigung der Biologie im Lehrplan der höheren Schulen.

Zur Ausarbeitung und Verbreitung der Thesen wurde ein Komitee gewählt, dem auch *Hertwig* angehörte. Der Erfolg war ungeheuer, der Widerhall, den die Thesen fanden, ungeahnt. Für die Breslauer Versammlung (1904) der Naturforscher und Ärzte war eine eingehende Besprechung der Frage auf die Tagesordnung gesetzt. Zur Vorbereitung gab *Max Verworn* ein Schriftchen heraus, das Wünsche und Vorschläge aus Hochschullehrerkreisen enthielt. (Beiträge zur Frage des naturwissenschaftlichen Unterrichtes an den höheren Schulen, Jena 1904.) *Hertwig* lieferte hierzu einen Beitrag über die „Erfordernisse der Vorbildung der Mittelschulen für das Studium der Zoologie". Eine Reihe von Gedanken, die er in diesem Rahmen nur streifen konnte, führte er in einem Aufsatz „Zur Frage der Organisation des zoologischen Unterrichts an den höheren Schulen" aus, der in „Natur und Schule", Band 3, Heft 11, 1904, erschien.

Die Breslauer Tagung setzte eine Kommission zur Verbesserung des naturwissenschaftlichen und mathematischen Unterrichtes ein. Ihre Vorschläge wurden von der Meraner (1905) und Stuttgarter (1906) Versammlung genehmigt. Nach Abschluß der Tätigkeit löste sich die Kommission in Dresden (1907) auf und machte einem „Ausschuß zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichtes" Platz, der aus Vertretern der großen naturwissenschaftlichen und mathematischen Vereine und Gesellschaften gebildet war. Die Deutsche Zoologische Gesellschaft sandte *Richard Hertwig* und *Karl Kraepelin* ab.

Auf die Aus- und Vorbildung der biologischen Lehrkräfte, die ja untrennbar mit der Frage des Unterrichtes verbunden ist, konnte *Hertwig* in Bayern maßgebenden Einfluß ausüben: Der Kommission zur Vorbereitung der 1912 erfolgten Neuregelung der „Prüfungsordnung für das Lehramt an den höheren Lehranstalten in Bayern" gehörte er als Mitglied und Fachvertreter der Zoologie an.

Skizzieren wir den Standpunkt, den *Hertwig* einnimmt an der Hand der Gedankengänge in seinen beiden genannten Schriften:

Der biologische Unterricht in den neunklassigen Anstalten soll sich durch die unteren vier Klassen in je zwei Wochenstunden auf Systematik und Biologie erstrecken. Nach einer Unterbrechung in zwei Mittelklassen erfolge dann in den drei höchsten Klassen in je zwei Wochenstunden ein anatomisch-physiologischer Unterricht.

Die Zweiteilung des Unterrichts ist nicht nur in mancher anderen Beziehung praktisch, sondern entspricht auch dem doppelten Zwecke, den die Schule zu verfolgen hat:

Einmal soll sie die im Schüler schlummernden Anlagen und Fähigkeiten allseitig zur Entfaltung bringen, so auch die Fähigkeit zu beobachten und das Beobachtete in verständlicher Form wiederzugeben. Bei der bisher überwiegenden, an den humanistischen Anstalten fast ausschließlichen Betonung des sprachlich-historischen Bildungsstoffes werden die genannten Fähigkeiten nur ungenügend ausgebildet, ja sogar geradezu zur Verkümmerung gebracht. Hier ein Gegengewicht zu bilden, ist gerade der naturwissenschaftliche Unterricht berufen, insonderheit der biologische; denn er ist mit seinen nach einer komplizierteren Gesetzmäßigkeit verlaufenden Vorgängen darin den exakten Naturwissenschaften weit überlegen, die es mit verhältnismäßig einfachen und leicht zu überblickenden Erscheinungen zu tun haben. Als angenehme und sehr erstrebenswerte Beigabe mag betrachtet werden, daß die biologischen Fächer den Kulturmenschen wieder der Natur, der er entfremdet wurde, nahebringen und geeignet sind, Liebe zu ihr zu erwecken und die in der Beschäftigung mit ihr enthaltenen ethischen Bildungsstoffe zugänglich zu machen.

Diese eine Aufgabe der Schule, die Entwicklung der Fähigkeiten, zu erfüllen, ist vor allem Sache des systematisch-biologischen Unterrichts in den unteren Klassen. Unter Befolgung der induktiven Methode soll mit Betrachtung einzelner biologisch interessanter Typen der Wirbeltiere, zunächst der Säugetiere begonnen werden. Beschreibung des Habitus, der systematisch wichtigsten anatomischen Merkmale, Schilderung der Lebensweise sollen in einer elementaren, keine hohen Ansprüche an das Gedächtnis stellenden Form gegeben werden. Weitere Vertreter der Klasse aus anderen Familien und dann Ordnungen werden behandelt, und so das an der einzelnen Form Gelernte verallgemeinert. Endlich wird als Abschluß der Wirbeltiere die Charakteristik des Stammes herausgearbeitet. In ähnlicher Weise folgen die Arthropoden, die Mollusken, unter besonderer Berücksichtigung der Schnecken und Muscheln und endlich die Würmer. Letztere werden schon, wie erst recht die Echinodermen, Coelenteraten und Protozoen nur noch kursorisch behandelt. Die gewaltige Fülle des Stoffes zwingt dazu, den ganzen Unterricht in den un-

teren Klassen frei von Pedanterie und Schablone zu gestalten und dem Lehrer viel freie Auswahl zu lassen, die er nach eigenen Neigungen und unter Berücksichtigung der Neigung der Schüler betätigen mag.

Die zweite Aufgabe der Schule ist es, dem Schüler die Kenntnisse und allgemeinen Vorstellungen zu bieten, die er einmal nötig hat, um den großen Fragen im geistigen Leben der Zeit nicht verständnislos gegenüberzustehen. Vorstellungen vom Leben, von Fortpflanzung und Vererbung, von der Stellung des Menschen zur organischen Natur, alles das sind Fragen, die das geistige Leben unserer Zeit tief bewegen. Dem Schüler auf diesem Gebiete die erforderlichen Kenntnisse und Vorstellungen zu vermitteln, ist Sache des vergleichend-anatomisch-physiologischen Unterrichts in den höheren Klassen. Er beginnt mit der Betrachtung der Zelle, die zur Besprechung der einzelligen Organismen aus dem Tierreiche sowohl wie aus dem Pflanzenreiche, und des Gemeinsamen und Trennenden der beiden organischen Reiche führt. Es folgt die Behandlung der vielzelligen Organismen unter stetem Hinweis darauf, wie durch Arbeitsteilung die Vervollkommnung des Bauplanes, die Differenzierung der Gewebe und Organe möglich wurde. Beschlossen wird der Unterricht mit der Besprechung des menschlichen Körpers nach Bau und Funktion, der Anthropologie und der Gesundheitslehre, wobei ständig Fäden zu den Wirbeltieren und auch den Wirbellosen zu knüpfen sind. Hier bietet sich auch Gelegenheit, das Deszendenzproblem zu behandeln, ohne daß es erforderlich oder angebracht wäre, auch auf Fragen wie Darwinismus, Lamarckismus usw. einzugehen, die dem Hochschulunterricht vorbehalten bleiben mögen.

Gedeihlich kann aber der biologische Unterricht — auch in der bisherigen Beschränkung auf die unteren Klassen — sich nur gestalten, wenn er von Fachbiologen gegeben wird, nicht von ungenügend oder gar nicht vorgebildeten Mathematikern und Physikern im Nebenamt. Ein biologisch gut ausgebildeter Lehrerstand läßt sich auf die Dauer und in hinreichender Zahl aber nur gewinnen, wenn ihm Gelegenheit geboten wird, sein Fach auch in oberen Klassen vor reiferen Schülern zu vertreten, ein Grund mehr, den Unterricht auch in den oberen Klassen weiterzuführen.

Gelegenheit zur guten Fachausbildung muß der Lehrer schon auf der Hochschule haben. Dem Entwicklungsgange der Zoologie entsprechend stehen im Universitätsbetriebe Morphologie und Physiologie im Vordergrund. Sie werden auch in Zukunft der Angelpunkt der Ausbildung bleiben, nicht allein für den Fachzoologen, sondern auch für den künftigen Lehrer. Daneben soll dem letzteren aber Gelegenheit gegeben werden, sich das nötige Rüstzeug auch für den biologisch-systematischen Unterricht zu verschaffen. Mehr als bisher muß für entsprechende Vorlesungen, für Exkursionen und Bestimmungskurse gesorgt werden und mehr als bisher muß dieser Teil der Zoologie im Lehrkörper der Universität durch Ordinariate oder planmäßige Extraordinariate vertreten sein. —

Hertwig sieht also eine Unterbrechung des biologischen Unterrichts in den zwei mittleren Klassen der neunstufigen höheren Lehranstalten vor und weicht in dieser Beziehung von den Hamburger Thesen ab. Wir können aber wohl annehmen, daß er seinen Plan nur als Kompromißvorschlag betrachtet und nicht von der Überzeugung ausgeht, daß die vorgeschlagene Stundenzahl für gedeihliche Behandlung der Biologie völlig ausreiche.

Die vorgeschlagene Teilung des Unterrichtes in einen propädeutischen elementareren Kurs und den darauf aufgebauten tiefer gehenden Kurs der oberen Stufe wird jetzt wohl von allen berufenen Vertretern gutgeheißen, wenn es auch nicht an Stimmen gefehlt hat, die einen durch alle Klassen gleichmäßig im Rahmen der Systematik ausgestalteten Unterricht befürworteten. Nicht die gleiche Einmütigkeit herrscht darüber, wie der gehobene Unterricht in den letzten Klassen zu gestalten sei. Nach *Hertwig* bildet das Rückgrat die vergleichende Anatomie und Physiologie, während andere die Ökologie in den Mittelpunkt stellen wollten. Die Kommissionsbeschlüsse, die von der Meraner Versammlung gutgeheißen wurden, stellen sich mehr auf den Hertwigschen Standpunkt, tragen aber auch der anderen Auffassung Rechnung. Sie sehen einen anatomisch-physiologischen Unterricht in den beiden obersten Klassen vor, schieben aber ein der Ökologie gewidmetes Jahrespensum in der Obersekunda ein.

Hat sich heute die Stellung der Biologie im Unterrichte der höheren Schulen gegen früher auch schon in manchem gebessert, so sind doch weder die Hamburger Thesen, noch die Meran-Stuttgarter Beschlüsse ganz erfüllt und der Kampf muß noch fortgesetzt werden. Sein Erfolg kann nicht zweifelhaft sein bei der ständig zunehmenden Bedeutung der biologischen Fragen für unser Geistesleben. Die künftigen Generationen, die sich des erreichten Zieles erfreuen können, werden unter den Männern, denen sie Dank schulden, auch *Richard Hertwigs* nicht vergessen.

Richard Hertwigs Kleines zoologisches Praktikum.

Von Otto Koehler, Breslau.

Die voraufgegangenen Würdigungen der Forscher- und Lehrtätigkeit *Richard Hertwigs* aus berufenen Federn wenden sich in der Hauptsache an den Zoologen vom Fach. Aber auch zahlreiche Nichtzoologen, besonders Ärzte, Oberlehrer und Landwirte, werden heute in Dankbarkeit ihres

alten Lehrers gedenken; und vielleicht knüpfen ihre Erinnerungen besonders an jene Stunden an, die ihnen allein die persönliche Bekanntschaft mit dem Jubilar vermittelten: ich meine das Münchner kleine zoologische Praktikum.

Wie lange es schon in der heutigen Form besteht, weiß ich nicht zu sagen; doch erinnerten sich auch die ältesten ehemaligen Assistenten *Hertwigs*, die ich darüber befragen konnte, seiner nur als einer bereits bestehenden Einrichtung. Und noch heute ist der Siebzigjährige nicht müde geworden, es zweimal in jedem Jahr in der alten Weise abzuhalten.

Das Praktikum verteilt sich auf zweimal zwei Stunden die Woche. Man versammelt sich in dem großen Praktikantensaale des Instituts, um den etwa einhalbstündigen Vortrag *Hertwigs* anzuhören; dann werden die Arbeitsplätze an den Fenstern der beiden langen Korridore eingenommen, wo der Praktikant zum Einprägen des im Vortrage Gehörten und zum Vergleich mit dem Objekt vorgedruckte Zeichnungen vorfindet, die in der glücklichsten Weise Naturtreue mit schematischer Klarheit verbinden. Er lernt hier, wenn auch im kürzeren Sommersemester dies oder jenes wegfallen mag, die folgenden Tiere kennen: An Protozoen Aktinosphaerium, Amoeba proteus, Collozoum, lebende Foraminiferen, Paramaecium, Stentor, Stylonychia, Carchesium, Monocystis und Clepsidrina; es folgen Hydra, Eudendrium und Campanularia, Medusen, an denen Gleichgewichtsorgane sichtbar sein müssen, von Würmern Distomum hepaticum und lanceolatum, die Menschentaenien und Echinococcus, Regenwurm und Blutegel, Trichine und Spulwurm; weiterhin Küchenschaben, die Mundgliedmaßen von Hymenopteren und Käfern, ferner Daphnien und der Flußkrebs, Seestern, Anodonta, Helix, Sepia, Ciona, „Leuciscus der Fisch", wie der alte Präparator den fragenden Studenten ankündigt, und zum Schluß der Frosch.

Hertwig überläßt nun nach dem Vortrage die weitere Hilfeleistung beim Präparieren und Mikroskopieren nicht etwa den Institutsassistenten und jüngeren Hilfskräften, die sich dazu drängen, in diesem bekannten und verhältnismäßig ungefährlichen Geleise zum erstenmal als Lehrende aufzutreten, sondern nimmt regelmäßig bis zum Schluß am Kurse teil, ja sogar ebenso regelmäßig noch darüber hinaus. Sieht man dann auf dem leeren Korridor an irgendeinem Tische noch eine verlorene Gruppe von Nachzüglern um einen unsichtbaren Mittelpunkt geschart, so ist es sicher *Hertwig* selbst, der noch etwas demonstriert. Es wäre seinen Assistenten gar nicht möglich, länger zu bleiben als er, denn er räumt, wie ich glaube, aus Grundsatz das Feld als Allerletzter.

In jedem Kurse gibt es gewisse Einzelheiten, die *Hertwig* mit besonderer Liebe vorzeigt; hierher gehören das Sondieren der Nierenöffnungen bei der Muschel und das Freilegen ihrer drei Hauptganglien, der überlebende Flimmertrichter des Regenwurmes und gelegentlich auch schlagende Wimperflammen irgendwelcher Plattwürmer, die Präparation der Statocyste des Flußkrebses sowie die Körnchenströmung in den Pseudopodien der Foraminiferen. An keinem Objekte aber zeigte sich seine Lehrfreudigkeit in solchem Maße wie an dem Seeigelei, dessen künstliche Befruchtung und Entwicklung jedes Jahr zweimal, im Frühsommer und Spätherbste, auch im Anfängerkurs vorgeführt wurde. Die Seeigel kamen mit Eilzügen von Triest, und schon von ihrer Ankunft an nahm *Hertwig* an ihren Geschicken persönlichen Anteil. Mochte er noch so sehr mit eigener Arbeit und Verwaltungsgeschäften überlastet sein, so konnte er sich doch niemals dazu entschließen, die Vorbereitung dieses Kurses selbst alten, zuverlässigen Assistenten allein zu überlassen. Zu den verschiedensten Tageszeiten wurden dann Befruchtungen vorgenommen und die Keime in die Wärme und Kälte verbracht, um im Kurse gleichzeitig die lange Reihe der wichtigen Stadien zur Verfügung zu haben. Auch ließ er es sich niemals nehmen, die unbefruchteten Eier persönlich an die Praktikanten zu verteilen, worauf, sofort nach Spermazusatz auf dem Objektträger, die Beobachtung zu beginnen hatte. Dann ging er von Tisch zu Tisch, machte Wachsfüßchen, stellte immer und immer von neuem Vorkerne und Strahlungen ein, erläuterte die Vorgänge und beantwortete Fragen so lange, bis er glaubte, daß jeder einzelne bestimmt alles gesehen habe.

Aus den sieben Semestern, in denen ich mithelfen durfte, erinnere ich mich keiner einzigen Kursstunde, an der *Hertwig* nicht in seiner sich stets gleichbleibenden, unermüdlichen Freundlichkeit vom Anfang bis zum Ende teilgenommen hätte; und auch jetzt nach dem Kriege, dem nur die Triester Seeigel zum Opfer fallen mußten, ist es das Gleiche geblieben. Diese wohl beispiellose Frische und Freude am Unterrichten wird sich am besten aus der Eigenart seines Verhältnisses einerseits zum Objekte und andererseits zur Jugend verstehen lassen. Die bis heute unverminderte Freude am Objekte und seiner Eigenart, vor allem an Formen, die ihm aus eigenen grundlegenden Arbeiten besonders vertraut sind, läßt sich vielleicht am ehesten mit dem Vergnügen an einem sehr guten Gedicht oder Musikstück vergleichen, das selbst, wenn man es schon auswendig weiß, doch immer wieder auf neue Weise erfrischt und wohltut. Und die Neigung zur Beschäftigung mit der Jugend, wie er sie sich selbst einmal bei der Feier seines sechzigsten Geburtstages zuschrieb, ist zweifellos einer seiner auffallendsten Züge. Gegenüber denen, die das Glück haben, in nähere Beziehungen zu ihm zu treten, äußert sie sich in einer wahrhaft väterlichen Anteilnahme an der Arbeit und an allen persönlichen Geschicken des Schülers; aber auch der Fernerstehende muß, selbst wenn er *Hertwig* nur etwa gelegentlich einmal am Mikroskop begegnet, von ihr einen Hauch verspüren. Diese

beiden ganz ungewöhnlich stark ausgeprägten Eigenschaften machen es ihm möglich, eines seiner Lieblingsobjekte zum hundertstenmal ebensogern einzustellen und den Anfängern vorzuweisen wie zum erstenmal; und jedem, der ihn auch nur im Kurse sah und sprach, muß allein schon dieser Zug, neben der Ehrfurcht vor dem Forscher, auch den Menschen verehrungswürdig gemacht haben. Die Zahl derer, die so im kleinen Praktikum durch *Hertwigs* Hände gegangen sind, zählt nach Tausenden. Wie viele unter ihnen mögen heute mit warmer Dankbarkeit an diese anspruchslosen Stunden zurückdenken und ihrem alten Lehrer noch viele Jahre gleich dankbringender Tätigkeit wünschen.

Richard Hertwigs Lehrbuch der Zoologie.

Von K. v. Frisch, München.

Richard Hertwigs Lehrbuch der Zoologie, das kürzlich in 12. Auflage erschienen ist, hat, wie kaum ein anderes, in weitesten Kreisen Verbreitung gefunden. Der Student der Medizin und mancher andere, der in die Zoologie mehr nebenbei Einblick nehmen will oder soll, kann sich aus *Hertwigs* Lehrbuch, unbeirrt von der Fülle der für seine Zwecke nebensächlichen Einzelheiten, die Grundlinien dieser Wissenschaft ohne allzu große Mühe aneignen. Doch nach dem gleichen Buche — dies ist das Seltsame — greift der Zoologe vom Fach, um sich diese oder jene entlegene Einzelheit ins Gedächtnis zurückzurufen; das gleiche Buch wird dem Jünger unserer Wissenschaft zum gründlichen Studium empfohlen, wenn er seine Kenntnisse auf eine feste Basis bauen will.

Es ist nämlich das Tatsachenmaterial, welches in diesem Buche zusammengetragen ist, unglaublich groß. Aber es ist auf die glücklichste Art das Wesentliche vom Unwesentlichen geschieden und kenntlich gemacht, so daß kleine und große Ansprüche in gleicher Weise befriedigt werden; die Darstellung läßt die Grundlinien nicht von den Einzelheiten verwischt werden, es ist trotz der Fülle des Gebotenen kein Nachschlagebuch geworden, sondern ein *Lehrbuch* geblieben; die klare Form, in der der Stoff geboten wird, macht die Lektüre für den Interessierten zum Genuß.

Warum dieses Buch als Lehrbuch so besonders geglückt ist, wurde mir erst verständlich, als ich seine Entstehungsgeschichte erfuhr. Ich muß da einer Erinnerung aus meiner Studentenzeit, der Erinnerung an *Hertwigs Vorlesung*, mit einigen Worten gedenken.

Wohl jeder Dozent hat schon die schmerzliche Erfahrung gemacht, *wie wenig* von dem, was er lehrt, bei den Schülern haften bleibt. Und die meisten wissen es noch aus ihrer eigenen Studentenzeit. Wenn ich an die vielen gehörten Vorlesungen zurückdenke, so wüßte ich nicht wenige zu nennen, die ich in genußreicher Erinnerung habe; aber es sind nur zwei, von denen ich als Vorlesung wirklichen und bleibenden Nutzen hatte: *Richard Hertwigs* „Systematik und vergleichende Anatomie der Wirbeltiere“ (seine „Zoologie“ I. Teil habe ich nicht gehört) und *Sigmund Exners* Physiologie. Als ich später selbst vor die Aufgabe gestellt war, Vorlesungen zu halten, habe ich oft darüber nachgedacht, was jene beiden Kollegien von anderen, auch solchen, die äußerlich glänzender waren, unterschieden haben mochte. Es konnte nicht an der Persönlichkeit des Lehrers liegen, die das Interesse besonders rege hielt, denn ich habe damals andere Lehrer ebenso verehrt; es konnte nicht der Stoff an sich allein sein, denn die Materie anderer Vorlesungen hat mich in gleicher Weise gefesselt; es konnte nur die Art sein, wie der Stoff geboten wurde: nicht überstürzt, fast bedächtig, so daß Zeit blieb, aufzufassen und aufzunehmen; jedes Wort überlegt; sowohl in der Rede wie im Bild, in einfachen Tafelzeichnungen, war das Wesentliche wundervoll klar herausgearbeitet; die Darstellung der Einzelheiten ließ den großen Zusammenhang des Ganzen ständig durchblicken und wurde doch dem Bedürfnis des Anfängers, ein Fundament von *Tatsachen* zu sammeln, auf dem sich bauen läßt, in vollstem Maße gerecht.

Aus solchen didaktisch vollendeten Vorlesungen ist das Lehrbuch *Hertwigs* unmittelbar hervorgegangen: fast ohne Literaturbenützung, aus einem Guß wurde die erste Auflage niedergeschrieben. Manche Versehen, die so notwendigerweise unterlaufen mußten, konnten bei den späteren Auflagen leicht verbessert werden. Aber was bei der sorgfältigsten Durcharbeitung sich später nicht hätte nachholen lassen, die klare Form, das scharfe Hervorheben des Wichtigen, die Gliederung des ganzen Stoffes, kurz alles, was das Werk zum guten Lehrbuch macht, war so im ersten Wurf gelungen und konnte in den späteren Auflagen erhalten bleiben, trotz der gewaltigen Vermehrung des Stoffes und trotz des ständigen Einarbeitens der wissenschaftlichen Fortschritte.

Möge dem Buche zum Nutzen der Studierenden noch eine stattliche Reihe weiterer Auflagen von gleicher Hand beschieden sein.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 40. (Seite 783—798) **1. Oktober 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Das Polarisationsmikroskop in der Zoologie. Von *W. J. Schmidt, Bonn.* (Mit 6 Abbildungen.) S. 783.

Neuere Untersuchungen über die Orientierung des Menschen im Raume. Von *W. Sulze, Leipzig.* (Mit 1 Abbildung.) S. 788.

Besprechungen:

Graebe, Carl, Geschichte der organischen Chemie. Von *F. Henrich, Erlangen.* S. 794.

Stähler, Arthur, Handbuch der Arbeitsmethoden in der anorganischen Chemie. Von *Alfred Coehn, Göttingen.* S. 795.

Kolbe, Ludwig, Flüssige Luft, Sauerstoff, Wasserstoff. Von *R. Linde, München.* S. 796.

Laue, M. v., Über die Auffindung der Röntgenstrahlinterferenzen. Von *P. P. Ewald, München.* S. 797.

Wislicenus, W. F., Astrophysik. Vierte Auflage. Von *A. Kohlschütter, Potsdam.* S. 797.

Astronomische Mitteilungen. S. 798.

Nova Cygni.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Das Mikroskop und seine Anwendung

Handbuch der praktischen Mikroskopie und Anleitung zu mikroskopischen Untersuchungen

von

Dr. Hermann Hager

Nach dessen Tode vollständig umgearbeitet und in Gemeinschaft mit hervorragenden Fachgelehrten neu herausgegeben von

Dr. Carl Mez

Professor der Botanik an der Universität und Direktor des Botanischen Gartens zu Königsberg

Zwölfte, umgearbeitete Auflage

Mit 495 in den Text gedruckten Figuren

Gebunden Preis M. 38.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Fütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser, Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., G. m. b. H. & Cie. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang Berlin — *Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.*, *Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche*, *Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)*

Die Anschaffung des
Handwörterbuchs der Naturwissenschaften

10 Bände in Halbfranz 1200 Mk., Auslandspreis 3000 Mk., erleichtert durch Verteilung des Betrages auf mehrere Jahre oder Amortisation in 10% Monatsraten. Das Werk wird sofort vollständig geliefert. Ein Band gern zur Ansicht.

H. Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75

Mikroskopische Präparate

Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Testplatten, Mineralogie und Geologie. Bitte zu verlangen: Liste über neue Schulsammlung mit Textheft und weiteren Angaben über Kataloge etc.

J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (207)

Die Naturwissenschaften
1915, 1916
zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 167** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (167

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Beachten Sie die Besprechung

über

Graebe, Geschichte der organischen Chemie

auf Seite 794 dieser Nummer.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 1. Oktober 1920. Heft 40.

Das Polarisationsmikroskop in der Zoologie[1]).

Von W. J. Schmidt, Bonn.

Die Untersuchung im polarisierten Licht kann natürlich nur dort Vorteil bieten, wo das Objekt, sei es im ganzen oder in einzelnen Teilen, *Doppelbrechung* aufweist. Anisotropie kommt aber zahlreichen *Bestandteilen des tierischen Körpers,* wenn auch in sehr wechselndem Grade und aus verschiedenem Grunde zu; so ist der Anwendungsbereich des Polarisationsmikroskopes in der Zoologie viel weiter gesteckt, als mancher annehmen möchte, dem nur die spärlichen diesbezüglichen Angaben bekannt sind, welche sich in den allgemeinen Lehrbüchern des genannten Faches finden.

Die Gesamtheit der in Frage kommenden Fälle gliedert sich zunächst in zwei Gruppen, je nachdem die Doppelbrechung auf *kristallinischer* Beschaffenheit (s. unten: A) der Objekte beruht oder sog. *Spannungsdoppelbrechung* ist (B), d. h. durch eine gesetzmäßige Orientierung der Molekeln bewirkt wird, die während der Bildung der betr. Substanz durch (Wachstums-) Spannungen hervorgerufen und dann dauernd (meist durch Erhärtung) fixiert wurde. Dabei soll hier für die letzte Gruppe nicht weiter erörtert werden, ob nur die gesetzmäßige *Anordnung* ihrer kleinsten Teile Ursache der Doppelbrechung ist oder ob diesen zunächst regellos gelagerten Teilchen auch *an sich* schon Doppelbrechung zukommt, ähnlich wie man sich ein Stück Eisen aus einer Unmenge von Molekularmagneten zusammengesetzt denken kann, deren Wirksamkeit erst in die Erscheinung tritt, wenn ihre Pole gleichgerichtet sind.

Denn, auch falls man die letztgekennzeichnete Annahme „kristallinischer Mizellen" vertritt, bleibt gegenüber der Doppelbrechung, wie sie Kristallen eignet, der Unterschied bestehen, daß der wachsende Kristall die neu ansetzenden Molekeln selbst richtet, Spannungsdoppelbrechung dagegen der betr. Substanz durch äußere Einflüsse aufgenötigt wird. Unter „äußeren" Einflüssen werden hier natürlich auch solche verstanden, die der Organismus in sich selbst, durch Wachstumsvorgänge erzeugt.

[1]) Die Photogramme sind nach Präparaten des Verfassers im Laboratorium der Optischen Werke E. Leitz in Wetzlar aufgenommen und für den folgenden Aufsatz zur Verfügung gestellt worden, wofür der Verfasser auch hier seinen verbindlichsten Dank ausspricht.

Aus der elementaren Physik ist bekannt, daß einfachbrechende Körper, z. B. Glas, Erscheinungen von Doppelbrechung zeigen, wenn sie gepreßt werden. Läßt der Druck nach oder hört er auf, so mindert sich oder schwindet die Doppelbrechung. Doch kann man Glas dadurch dauernd Doppelbrechung verleihen, daß es in geschmolzenem Zustande schnell abgekühlt wird. Dabei tritt zunächst eine energische Zusammenziehung seiner oberflächlichen Teile ein, und indem die Abkühlung allmählich auch die innen gelegenen betrifft und ihr Volumen nachträglich verkleinert, bilden sich zwischen größeren Massenteilen derartig behandelten Glases Spannungen aus, die zur Doppelbrechung Veranlassung geben. Wird aber ein solches Glasstück zerschlagen, so ist den Spannungen Gelegenheit zum Ausgleich geboten und kleine Trümmer erweisen sich nun wieder als isotrop.

Anders verhält es sich dagegen mit der Spannungsdoppelbrechung *organisierter* Substanzen: auch die kleinsten auf mechanischem Wege isolierbaren Stückchen von solchen sind unverändert doppelbrechend. Die Anisotropie beruht eben nicht auf der Gegenwirkung größerer Massenteile, sondern auf einer Ausrichtung der Molekeln, die dem Ganzen ebenso zukommt wie seinen kleinsten Bruchstücken.

Eine Vorstellung vom Wesen dieser Ausrichtung läßt sich am einfachsten in folgender Weise gewinnen: Man denke sich in einer zähen (isotropen) Flüssigkeit überaus zahlreiche, doppelbrechende, nadelförmige Kristalle suspendiert; würde aus einer solchen Masse ein dünner Faden ausgezogen (von einem Querschnitt, der den der Kristalle nur wenig übertrifft), dann ordneten sich die Kristalle mit ihrer Längsachse in die des Fadens ein, und, wenn die Flüssigkeit erstarrte, würde diese Anordnung dauernd fixiert. Mit der so erzielten räumlichen Orientierung der Kristalle wäre zugleich ein mehr oder weniger weitgehendes optisch einheitliches Verhalten des Fadens und auch seiner Bruchstücke verbunden. Unter der Annahme, die Kristalle seien optisch einachsig und ihre optische Achse (d. h. die Richtung, in der *keine* Doppelbrechung stattfindet) falle mit ihrer Längsachse überein, müßte ein derartiger Faden im *Querschnitt* zwischen gekreuzten Nicols *stets dunkel* bleiben, in *Längsansicht* aber nur dann, wenn die Längsrichtung des Fadens mit einer Polarisationsebene zusammenfällt, sonst dagegen hell, und zwar am stärksten aufleuch-

tend unter ± 45 ° zu ihnen. Solch ein Verhalten zeigen nun die meisten faserartigen Gebilde des Tierkörpers.

Wenn wir jetzt unsere Fiktion dahingehend verbessern, daß an Stelle der Kristalle die Molekeln der betr. (durchweg kolloidalen, quellbaren) Substanzen selbst treten, und die erstarrende Flüssigkeit durch Quellwasser ersetzt wird, das während der Ausbildung der (zunächst weichen) Strukturen reichlich vorhanden ist und dem zu formenden Material mehr solartige Beschaffenheit verleiht, bei dem fertigen, vom Zustand eines (festen) Gels aber mehr oder minder zurücktritt, dann dürften wir eine ziemlich richtige Vorstellung von dem Wesen der Spannungsdoppelbrechung organisierter Substanzen gewonnen haben. Sie läßt sich dadurch nachahmen, daß man quellbare Substanzen, z. B. Leimgallerte, in gespanntem Zustande trocknet; dann bleibt sie, hart geworden, dauernd und in ihren kleinsten Stücken anisotrop.

A. 1. Sofern es sich um *doppelbrechende Kristalle* mit wohl entwickelten Flächen in den Geweben des Tierkörpers handelt, leistet das Polarisationsmikroskop dem Zoologen zunächst dasselbe wie dem Mineralogen und Chemiker: d. h. es ermöglicht ihm oft, durch Bestimmung der Auslöschrichtungen im parallelen und Prüfung der Achsenbilder im konvergenten polarisierten Licht, Festlegung des optischen Charakters der Doppelbrechung usw. (im Zusammenhang mit der Kristall*form*) das Kristallsystem zu erkennen und gibt damit eine wertvolle Beihilfe für die mikroskopische *Identifikation der vorliegenden Substanz.*

Aber auch abgesehen davon ist in Fällen, in denen geringe Mengen kleiner doppelbrechender Kristalle im Gewebe zerstreut vorkommen, der Gebrauch des Polarisationsmikroskops schon deshalb sehr empfehlenswert, weil die Kristalle zwischen gekreuzten Nicols unvergleichlich schärfer hervortreten und deshalb nicht nur leichter aufzufinden, sondern auch in bezug auf ihre Gestalt gewöhnlich viel besser zu untersuchen sind. Von einem solchen Standpunkt aus betrachtet, würde das polarisierte Licht eine *bestimmte Form der Objektbeleuchtung* darstellen, die sich der Betrachtung im gewöhnlichen durchfallenden Licht (Hellfeld) etwa wie die Beobachtung im auffallenden Licht und Dunkelfeld anreihte, und wie diese in anderen Eigenschaften der Objekte, so in der Doppelbrechung Geltung und Grenzen ihrer Anwendung fände. Diese Art der Verwendung polarisierten Lichtes zur *Verdeutlichung von Strukturen* kommt — das sei vorausgreifend bemerkt — selbstverständlich überall in Frage, mag es sich um kristallinische oder Spannungsdoppelbrechung handeln.

Da den Biologen nicht nur Vorhandensein und Beschaffenheit der Kristalle interessiert, sondern auch ihre Lokalisation im Gewebe, ist es in der Regel zweckmäßig, solche Untersuchungen über einem Gipsplättchen Rot. I. O. vorzunehmen, wobei der Grund des Gesichtsfeldes und die einfach brechenden Bestandteile des Objektes rot bzw. die letzteren auch in ihren natürlichen Farben erscheinen, doppelbrechende Anteile aber je nach der Stellung zu den Polarisationsebenen neutral (= rot) oder in Additions- oder Subtraktionsfarben[1]).

Als Beispiel kristallinischer Gewebseinschlüsse mögen die *guaninführenden Zellen* (Guanophoren) dienen, die in der Haut der niederen Wirbeltiere in weiter Verbreitung vorkommen und deren Anordnung an aufgehellten, in Balsam eingeschlossenen Hautstücken im polarisierten Licht aufs schönste hervortritt. Fig. 1 gibt ein Stück der *Rückenhaut von Rana fusca* im Hellfeld wieder; vor allem machen sich die bekannten verästelten schwarzen Pigmentzellen (Melanophoren) im Bild bemerkbar; neben ihnen lassen sich die blassen, etwas kleineren, fortsatzlosen, rundlichen *Guanophoren* aber bei aufmerksamer Betrachtung wohl erkennen. In polarisiertem Licht (Fig. 2) kehren sich die Verhältnisse geradezu um: hell aufleuchtend beherrschen die Guanophoren das Bild, während die schwarzen Pigmentzellen kaum sichtbar sind. Dabei fällt auf, daß die Guanophoren im Gegensatz zum Hellfeld nicht rundlich, sondern auffallend eckig konturiert erscheinen. Das hängt damit zusammen, daß nur die in optisch wirksamer Lage befindlichen Kristalle hell sind, die übrigen dagegen nicht zur Geltung kommen und so gewisse Anteile der einzelnen Zellen ausfallen. Sehr gut eignet sich zur markanten Hervorhebung der Guanophoren *Dunkelfeldbeleuchtung* (Fig. 3); hierbei beugen alle Kristalle Licht ab, wie sie auch liegen mögen; doch bieten die Zellen bei stärkerer Vergrößerung weniger Einzelheiten, weil die Beugungsbilder der zahlreichen, sehr kleinen Kristalle in einer jeden Zelle sich vielfach überlagern.

2. Wenn zahlreiche Kristalle auf engem Raum heranwachsen, dann wird die Ausbildung der für ihr System typischen Flächen durch *gegenseitige Wachstumsbeschränkung* ganz oder teilweise unmöglich gemacht und die zufälligen *Kontaktflächen* solcher Kristalle erlauben keinen Schluß

[1]) Die Markierung des Gipsplättchens ist bei Biologen (für Prüfung der Spannungsdoppelbrechung) und Mineralogen gerade umgekehrt: bei den ersteren kennzeichnet sie (nach *Nägeli* und *Schwendener*) die *große Achse* des *Elastizitätsellipsoids* des **Druckes**, wie sie dem Gips, verglichen mit gepreßtem Glas, zukommen würde; bei jenen aber die *große Achse* der **optischen** *Elastizitätsellipse*; diese beiden Markierungen sind um 90 ° gegeneinander verschieden; denn die große Achse der Druckellipse entspricht der Richtung der kleinen Achse der optischen Elastizitätsellipse. Damit ist natürlich leicht Möglichkeit zu Verwirrungen gegeben, doch hat sich diese Bezeichnung in der Biologie so eingebürgert, daß ihre Änderung unmöglich ist; bei kristallographischen Arbeiten müssen die Biologen sich natürlich der mineralogischen Terminologie anpassen.

mehr auf ihren kristallinischen Charakter. Derartiges Verhalten ist in der *Prismenschicht der Muscheln* gegeben, deren polygonale Felderung ehemals auf die Sekretion eines jeden Feldes von

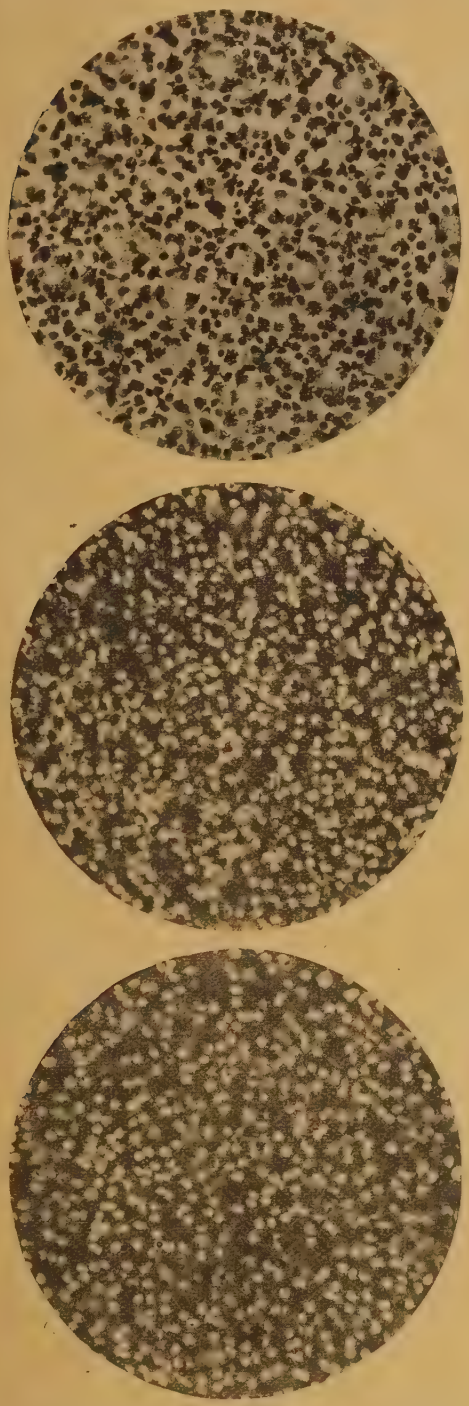


Fig. 1—3. Rückenhaut von Rana fusca: 1. im Hellfeld; 2. im pol. Licht; 3. im Dunkelfeld. 55 : 1.

je einer Zelle des Mantelepithels zurückgeführt wurde. Jedes Prisma, bei *Pinna* z. B., entspricht aber einem Kalkspatindividuum und zeigt demgemäß im konvergenten polarisierten Licht das Bild eines einachsigen Kristalls (außerdem auch die dem Calcit zukommenden Spaltflächen und Ätzfiguren).

Die Prismen der Süßwassermuscheln (Najaden) dagegen erweisen sich im Polarisationsmikroskop trotz weitgehender Formübereinstimmung mit denen von *Pinna* als *Sphäro*kristalle (von Aragonit), deren polygonale Begrenzung auch hier eine Folge gegenseitiger Wachstumshemmung ist.

3. Solchen Fällen, in denen die Kristallnatur der vorliegenden Gebilde durch Entstehung von Kontaktflächen verschleiert wird, schließen sich jene an, in denen der *Organismus den heranwachsenden Kristallen artspezifische Formen aufprägt,* die sog. *Biokristalle,* zu welchen in erster Linie die Skelettelemente der Kalkschwämme und Echinodermen rechnen. Jedes derartige (Calcit-) Skelettstück verhält sich optisch (Auslöschung, Achsenbilder) trotz seiner absonderlichen Form und trotz des für die größeren Skeletteile der Stachelhäuter charakteristischen Gerüstaufbaues wie ein *einheitlicher Kristall* (auch entsprechende Spaltbarkeit und die Möglichkeit, Ätzfiguren zu erzeugen, liegt vor). Dabei ist besonders bemerkenswert, daß die Gestalt eines Skelettstückes und seine optische Achse in festgelegter Beziehung stehen. Da nun weiterhin die Form von Skelettstücken, insbesondere solcher, die in Mehr- oder Vielzahl auftreten (etwa Stacheln und Schalenplatten der Seeigel), Beziehungen zur Gestalt des ganzen Organismus aufweist, so ergibt sich auch eine gesetzmäßige Lagerung ihrer optischen Achsen in bezug auf den Tierkörper als Ganzes. Diese Verhältnisse erfordern die Annahme, daß der Organismus (bzw. die Bildungszellen) die zuerst auftretenden Kristallkeime richtet. Hierbei braucht man natürlich nicht an eine geheimnisvolle „Richtkraft" zu denken, sondern die Orientierung der Kristalle kann sehr wohl unter irgendwelchen mechanischen Einflüssen (Gewebespannungen, Wachstumsdruck) erfolgen.

Da benachbarte Skelettelemente bei Stachelhäutern häufig durch abweichende (symmetrische) Lage der optischen Achsen ausgezeichnet sind, deren Richtung aber während ihres Größerwerdens unverändert beibehalten wird, so können nachträgliche *Verwachsungen* an den Erscheinungen der partiellen Auslöschung leicht erkannt werden (*Becher*), und so vermag das Polarisationsmikroskop *Aufgaben vergleichend anatomischer Natur* zu lösen, die sonst nur in sehr viel umständlicherer Form (Untersuchung der Ontogenie) zu bearbeiten sind.

4. Manche kalkigen Bildungen des Tierkörpers, wie die *Schalen der Foraminiferen,* sind aus so winzigen Kristallen zusammengesetzt, daß sie der Form nach in der Regel nicht erkannt werden können; infolge ihrer gesetzmäßigen Anordnung verrät sich aber der Aufbau dieser Gebilde als *geordnetes kristallinisches Aggregat* sofort in polarisiertem Licht. Durchgehends sind hier die nadelförmi-

gen Calcitkristalle senkrecht zur Schalenoberfläche gestellt, so daß etwa die einfacher gestalteten annähernd kugeligen Schalen (bzw. die einzelnen Kammern der Polythalamien) in bezug auf ihre optischen Wirkungen (hohlen) Sphärokristallen vergleichbar sind und wie diese zwischen gekreuzten Nicols ein dunkles, den Polarisationsebenen entsprechendes „Sphäritenkreuz“[1]) zeigen (vgl. Fig. 4, Schale einer *Lagena*-art; eine Polarisationsebene fällt mit der Längsachse der Schale überein; zahlreiche Interferenzstreifen laufen den Rand entlang). Auch die inneren Schalenlagen der Muscheln sind mikro-

Fig. 4. Schale von *Lagena sp.* in pol. Licht. 180 : 1.

kristallinische, gesetzmäßig geordnete Aggregate; geben doch bekanntlich Perlmutterblättchen bei konoskopischer Betrachtung das zweiachsige Bild des Aragonits. Bei (gewissen Muscheln und den) Schnecken aber sind die Elementarbestandteile der Schalen in so verwickelter Weise gelagert, daß optisch einheitliche Wirkungen größerer Schalenstücke (Achsenbilder) nicht mehr leicht zustande kommen, dafür aber Schliffe in parallelem, polarisiertem Licht ungleichmäßige, aber in Abhängigkeit von der morphologischen Struktur geregelte Auslöschung zeigen.

[1]) Betr. sphärokristallinischer Prismen bei Muscheln s. o. unter 2.

5. Schließlich bietet der Tierkörper auch Gelegenheit, im Myelin der markhaltigen Nerven flüssige Kristalle bzw. *doppelbrechende Flüssigkeiten* kennen zu lernen: Tropfen, die aus einem markhaltigen Nerven herausgepreßt werden, zeigen im polarisierten Licht bekanntlich ein sog. positives Kreuz, und ähnlich verhalten sich die vor allem in pathologischen Fällen oft zu beobachtenden flüssigen Cholesterinester in den Geweben verschiedenster Art.

B. Wenn wir damit die Gruppe von Bestandteilen des Tierkörpers, deren Eignung für Untersuchung mit dem Polarisationsmikroskop auf kristallinischer Beschaffenheit beruht, verlassen und uns den Fällen von *Spannungsdoppelbrechung* zuwenden, so sei vorausgeschickt, daß *fast alle faserartig differenzierten Bildungen doppelbrechend* sind, mögen sie *extrazellulär* als *Cuticular-* oder *Interzellularsubstanzen* oder *intrazellulär* (etwa als Muskelfibrillen) vorliegen. Chitin und andere Cuticulae, kollagene und elastische Fasern (auch im Knorpel und Knochen), die Fibrillen der glatten und quergestreiften Muskulatur, das Horngewebe (infolge der in ihm vorhandenen epidermalen Tonofibrillen) erweisen sich als anisotrop bei der Untersuchung im Polarisationsmikroskop. Die hier nachgewiesene Spannungsdoppelbrechung stützt den auf anderen Erwägungen fußenden Schluß, daß die Faserungsrichtung bei den genannten Geweben mit der Richtung größter Beanspruchung auf Zug zusammenfällt. Je nach der Anordnung der Fibrillen, die stets positiv einachsig doppelbrechend sind, wobei die Richtung der optischen Achse mit der Längsachse der Faser übereinstimmt, ergeben sich außerordentlich verschiedene Bilder zwischen gekreuzten Nicols.

Einfach zu erklären ist das Aussehen von Fasern, die in mehreren Lagen übereinandergeschichtet und derart geordnet sind, daß sie in jeder Lage parallel zueinander verlaufen, in benachbarten aber (um 90 °) gekreuzt erscheinen, ein weit verbreitetes Verhalten, das z. B. nicht nur durch die kollagenen Bündel in der Haut der niederen Wirbeltiere, sondern auch in mancherlei Cuticularsubstanzen (Chitin vieler Käfer [Hauptlage]) verwirklicht ist. Führt man durch ein derartiges Fasersystem einen Schnitt so, daß der eine Teil der Lagen quer, der andere längs zur Fibrillierung getroffen wird, so erscheinen die quer getroffenen Fasern bei jeder Stellung zwischen gekreuzten Nicols dunkel, während die längsziehenden unter $\pm 45°$ zu den Polarisationsebenen hell aufleuchten.

Bekannt sind die Erscheinungen am Querschnitt der Haversschen Lamellensysteme des Knochens, die vor allem *Gebhardt* einer genaueren Untersuchung unterzogen hat. In jeder Lamelle ziehen in spiraligem Verlauf zur Achse des Haversschen Kanals kollagene Fibrillen. Deren Neigung (= Steilheit der Spiralen) wechselt in

benachbarten Lamellen und zeigt hier auch gekreuzten Verlauf. Sehr steile Spiralen nähern sich einem *Faserverlauf parallel der Achse* des Kanals, flache Spiralanordnung kommt praktisch auf *tangentialen Fibrillenverlauf* (senkrecht zur Kanalachse) heraus. Lamellen der letzten Art werden daher unter ± 45° hell erscheinen, die anderen dagegen, die fast quer zu ihrer optischen Achse getroffen sind, dunkel bleiben. So unterscheiden sich die Haversschen Lamellen oft im polarisierten Licht aufs deutlichste in helle und dunkle, eine Differenzierung, die mit der nur bei viel stärkerer Vergrößerung im Hellfeld wahrnehmbaren in „gestreifte" und „punktierte" Lamellen zusammenfällt. Das dunkle Kreuz entspricht den Polarisationsebenen und kennzeichnet den Anteil der tangentialen Fasersysteme, deren Schwingungsrichtungen mehr oder minder genau mit denen der Nicols übereinstimmt.

In solchen Fällen wie beim Knochen läßt sich aus dem Bild im polarisierten Licht die Lage der Fibrillen erschließen, während sie sonst nur mühsam oder gar nicht wahrzunehmen sind, und daher bietet das polarisierte Licht auch hier ein *Mittel zur strukturellen Analyse* dar und kann öfter die *künstliche Färbung der Objekte ersetzen.*

Zum Schluß soll noch ein solches Beispiel gegeben werden. Fig. 5 ist ein Photogramm eines Schnittes durch einen *Luftröhrenknorpel* vom Reh im Hellfeld (bei starker Abblendung); der Rand des Knorpels wird vom Perichondrium begrenzt, in seinem Innern erscheinen die gruppenweise gelagerten Zellen als kleine Punkte. Derselbe Schnitt in polarisiertem Licht (Fig. 6) zeigt (bei geeigneter Stellung zu den Polarisationsebenen) das an kollagenen Fasern reiche Perichondrium in hellem Licht; die Zellen im Innern des Knorpels sind nicht sichtbar, weil einfachbrechend; aber in der *Grundsubstanz* leuchtet eine sehr zierliche Struktur auf, die durch die vorherrschenden Richtungen der in den Räumen zwischen den Zellen verlaufenden *kollagenen Fasern* bedingt ist; im Hellfeld war ungefärbt von ihnen nichts zu erblicken. —

So vermag das Polarisationsmikroskop sehr verschiedenartige Aufgaben im Gebiete der Zoologie zu lösen und bei zahlreichen Tiergruppen und Gewebeformen ist die Möglichkeit seiner Anwendung offen. Daß solche auch vom ästhetischen Standpunkt aus reizvollen Untersuchungen weitere Verbreitung gewinnen mögen als bisher, dazu sollen die vorstehenden Erörterungen beitragen.

Literatur.

Eine noch immer mit Nutzen zu lesende übersichtliche Darstellung hat *G. Valentin* in seinem Werk: „Die Untersuchung der Pflanzen- und Tiergewebe in polarisiertem Lichte", Leipzig 1861, gegeben. *V. v. Ebners* grundlegende „Untersuchungen über die Ursachen der Anisotropie organisierter Substanzen", Leipzig 1882, befassen sich nur, aber ausführlich, mit den Geweben der Wirbeltiere (viele Literaturangaben). Eine sehr gute Zusammenstellung der Doppelbrechungserscheinungen an den Binde- und Stützsubstanzen hat *A. Biedermann* in den entsprechenden Abschnitten seiner „Physiologie der Stützsubstanzen" (Handbuch der vgl. Physiol., herausgegeben von *Winterstein*, Bd. 3, 1914) geboten (hier zahlreiche Literaturangaben). Unter den Lehrbüchern der tierischen Gewebelehre machen die jüngst erschienenen (Leipzig 1920) von *J. Schaffer* verfaßten „Vorlesungen über Histologie und Histogenese" eine rühmliche Ausnahme, indem sie auch den optischen Eigenschaften der Gewebe mehr als sonst üblich Beachtung schenken und in einem kurzen aber trefflichen Abschnitt die *Methodik* solcher Untersuchungen erläutern. Für den letzten Zweck kommt weiter *H. Ambronns* bekanntes Werkchen „Anleitung zur Benutzung des Polarisationsmikroskops bei histologischen Untersuchungen", Leipzig 1892, und, sofern es sich um kristallographische Dinge handelt, wohl vor allem *E. Weinschenks* „Polarisationsmikroskop"

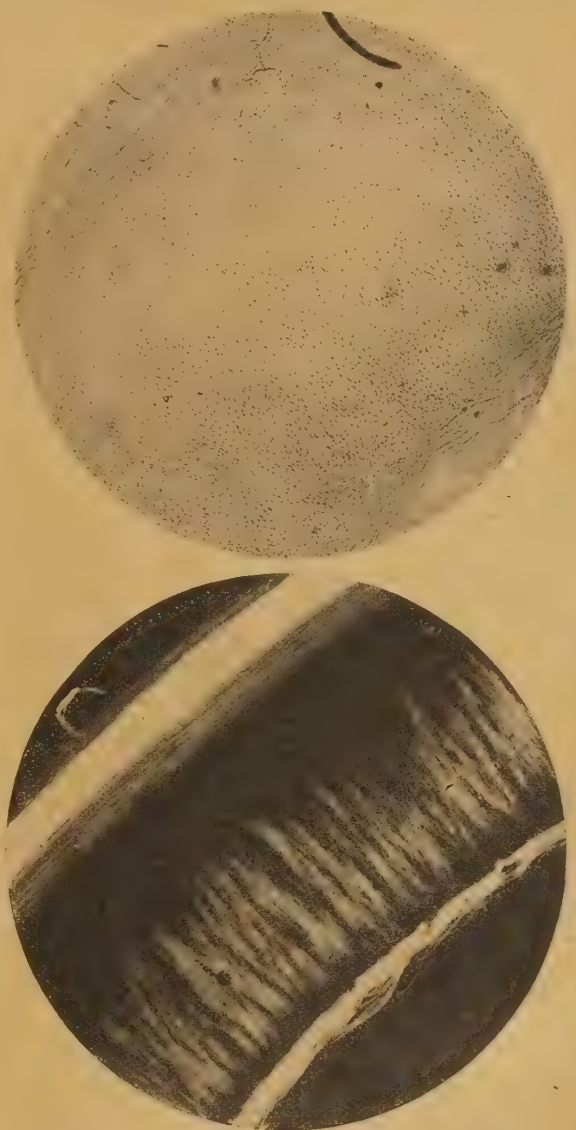


Fig. 5 u. 6. Luftröhrenknorpel vom Reh (längs). 5 im Hellfeld; 6 im pol. Licht. 35 : 1.

(4. Aufl., Freiburg 1919) in Frage. Schließlich weist der Verfasser noch auf sein in der Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie erscheinendes Sammelreferat „Vom Polarisationsmikroskop und seiner Anwendung" hin (in dem u. a. die neueren Arbeiten von *S. Becher* und seinen Schülern am Echinodermenskelett besprochen werden), ferner auf eine im Arch. f. Zellforschung in Druck gegebene Abhandlung: „Über den Nachweis der Epidermis-Tonofibrillen in polarisiertem Licht".

Neuere Untersuchungen über die Orientierung des Menschen im Raume.

Von W. Sulze, Leipzig.

Durch die großartige Entwickelung des Flugzeugbaues und der Fliegerkunst in den letzten Jahren hat auch die Physiologie mancherlei Anregungen empfangen. Im folgenden soll auf eine Frage aus dem Gebiete der Physiologie eingegangen werden, deren erneute Untersuchung durch ihre praktische Bedeutung für den Flieger nahegelegt worden ist: *die Frage nach der Orientierung des Menschen im Raume bei Ausschluß des Gesichtssinnes.*

Daß der Gesunde sich in den drei Dimensionen des Raumes auch dann zurechtzufinden vermag, wenn dem Auge gar kein Anhaltspunkt für das Erkennen der Richtung geboten wird, wissen wir aus den Erfahrungen, die wir beim Schwimmen unter Wasser machen. In ähnlicher Lage wie der Taucher befindet sich der Flieger im Nebelmeer oder in sternloser Nacht, ganz abgesehen davon, daß er auch bei guter Sicht für die Beurteilung seiner Körperlage meist andere Sinnesorgane in Anspruch nehmen wird als die für anderweitige Beobachtungen nötigen Augen. Im allgemeinen wird die Steuerung des Flugzeuges viel mehr nach dem „Gefühl" erfolgen als nach Gesichtseindrücken, und alle Untersuchungen, welche unsere Kenntnisse über die Feinheit, die Ausbildungsfähigkeit und das Wesen dieses „Lagegefühls" zu fördern vermögen, können unter Umständen der Praxis des Fliegers zugute kommen.

Diese Erwägungen haben den Physiologen *S. Garten* veranlaßt, einen „Neigungsstuhl" zu konstruieren, der dem Sitz im Flugzeuge nachgebildet ist und der sowohl von einem Experimentator als auch von der daraufsitzenden Versuchsperson selbst in meßbarer Weise um eine sagittale — von vorn nach hinten laufende — sowie um eine transversale — von rechts nach links laufende — Achse geneigt werden kann. Mit Hilfe dieses sogleich näher zu beschreibenden Apparates wurde die Beantwortung folgender Fragen versucht:

1. Bis zu welchem Grade der Genauigkeit vermag die Versuchsperson eine Abweichung der Sitzfläche von der Horizontalebene zu korrigieren, wenn ihr jedes optische Merkmal zur Erkennung ihrer Lage sowie jede Möglichkeit genommen ist, durch den Tastsinn mit außerhalb des beweglichen Stuhles liegenden Gegenständen in Beziehung zu treten? Sind insbesondere in dieser Hinsicht individuelle Unterschiede nachzuweisen?

2. Läßt sich durch Übung eine Verfeinerung der Fähigkeit erzielen, den Sitz in die Horizontalebene einzustellen?

3. Wie hoch ist die Bedeutung der einzelnen hierbei in Betracht kommenden Sinnesorgane für das Zustandekommen der „Lageempfindung" einzuschätzen?

Von dem Bau und der Anwendung des Apparates gibt Fig. 1 eine Vorstellung. Der Stuhl

Fig. 1. Der Gartensche Neigungsstuhl bei Neigung nach vorn und rechts.

vermag sich zu drehen, erstens um die auf der Figur sichtbare lange Eisenwelle, welche transversal verläuft, und zweitens um eine unmittelbar unter der Sitzfläche liegende sagittale Achse, welche auf der Abbildung nicht zu erkennen ist. Die Neigungen des Stuhls in dem ersten wie in dem zweiten Sinne werden durch zwei Zeiger, welche auf einem seitlich bzw. rückwärts von dem Stuhle angebrachten Teilkreis spielen, unmittelbar in Bogengraden angezeigt. Die Neigung des Stuhles wird bewirkt durch zwei kleine Elektromotoren, deren Umdrehungen auf je eine der beiden Achsen übertragen werden. Der Motor, welcher die transversale Achse dreht, steht fest auf dem Erdboden, der andere, welcher die Neigung um die sagittale Achse bewirkt, ist

unterhalb der Sitzfläche angebracht (auf der Abbildung ist sein Gehäuse hinter dem rechten Knie der Versuchsperson zu erkennen) und macht die Vor- und Rückwärtsneigungen des Stuhles mit. Der Experimentator kann durch mehrere auf einem Tisch angebrachte Kontakte den einen wie den anderen Motor mit variierbarer Umdrehungsgeschwindigkeit vorwärts oder rückwärts laufend einschalten und so jede gewünschte Drehung des Stuhles um die beiden Achsen herbeiführen. Andererseits kann die Versuchsperson nach vollzogener Neigung des Stuhles von sich aus die Motoren einschalten durch Handhabung eines Steuers, das, mit dem Sitze fest verbunden, alle Bewegungen desselben mitmacht. Durch Vor- oder Zurückziehen des Handgriffs, durch Drücken nach rechts oder nach links werden allemal Kontakte geschlossen, welche einen der Motoren in der Weise einschalten, daß der Stuhl eine Vor- oder Rückwärtsneigung bzw. eine Neigung nach rechts oder links erfährt. Die Abweichungen von der Horizontalen können nach jeder Richtung auf etwa 20 ° gebracht werden, eine Exkursionsbreite, die für den beabsichtigten Zweck ausreichte.

Wie man sieht, ist die Versuchsanordnung den Verhältnissen im Flugzeug möglichst angepaßt. Insbesondere vermeidet sie, soweit dies möglich ist, komplizierte, zentralnervöse Vorgänge, die für den Flieger beim Beurteilen seiner Körperlage nicht in Betracht kommen, in die Prüfung mit einzubeziehen und unterscheidet sich darin von den früher benutzten Untersuchungsmethoden. So hatten *Aubert, Nagel* und in jüngster Zeit, in unter Wasser angestellten Versuchen, auch *Stigler* eine zuerst von *Delage* angegebene Anordnung getroffen: die Versuchsperson wurde mit ausgestrecktem Körper auf ein Brett aufgeschnallt, welches möglichst unmerklich um eine parallel zur Verbindungslinie beider Schultern verlaufende — transversale — Achse gedreht wurde. Die Versuchsperson mußte dann bei geschlossenen Augen angeben, auf wieviel Winkelgrade sie die Abweichung des Brettes von der Horizontalen oder Vertikalen schätzte, oder sie mußte mit einem in der Hand gehaltenen Stabe bei den verschiedenen Einstellungen des Brettes die Richtung zeigen, die ihr als horizontal oder vertikal erschien. Diese Versuche lieferten allerhand interessante Ergebnisse, deren Deutung zum Teil noch keineswegs sichersteht. So fand schon *Delage,* daß der Schätzungsfehler mit der Größe des Neigungswinkels sich erheblich ändert. Eine Neigung aus der aufrechten Stellung nach hinten im Betrage von 60 ° wurde noch richtig angegeben, eine stärkere Neigung im gleichen Sinne wurde bedeutend überschätzt, so daß die Versuchsperson z. B. bei einer Neigung von 120 ° schon die Empfindung hatte, senkrecht auf dem Kopfe zu stehen. Drehung um eine sagittale — von Brust zu Rücken verlaufende — Achse, welche auch bereits von *Delage* angewandt worden war, ist späterhin von *Sachs* und *Meller* in ihrer Einwirkung auf die Orientierung im Raume mit verbesserter Methodik eingehend studiert worden. Das Brett stand bei diesen Versuchen senkrecht und wurde um eine in der Höhe des Beckens der Versuchsperson liegende sagittale Achse gedreht, die also auf der Ebene des Brettes lotrecht stand. Das Ziel dieser Versuche bestand in der Feststellung der „optischen" und der „haptischen" Vertikalen bei verschiedenen Körperlagen. Für die Bestimmung der optischen Vertikalen wurde der Versuchsperson im verdunkelten Zimmer eine elektrische Glühlampe mit geradlinig ausgestrecktem Glühfaden gezeigt und die Angaben des Untersuchten über die Richtung, in der ihm die Glühlinie erschien, mit der wahren Richtung derselben verglichen. Bei Ermittelung der haptischen Vertikalen betastete die Versuchsperson mit geschlossenen Augen bei den verschiedenen Einstellungen des Brettes, auf dem sie aufgeschnallt war, einen ihr vorgehaltenen Stab und gab an, ob ihr der Stab nach rechts oder nach links geneigt erschien. Außer Neigungen des ganzen Körpers haben *Sachs* und *Meller* auch den Einfluß der Neigung des Kopfes bei senkrecht gehaltenem Körper und umgekehrt der Neigung des Körpers bei senkrecht feststehendem Kopfe untersucht. Es zeigte sich bei diesen Versuchen, daß optische und haptische Vertikale bei einer gegebenen Körperlage häufig voneinander abweichen, und daß sowohl die Körper- als die Kopfneigung die Beurteilung der senkrechten Richtung mit Hilfe des Gesichts- und des Tastsinnes beeinflussen.

Die Schätzung der Größe eines Winkels, aber auch die Einstellung eines in der Hand gehaltenen Stabes in die (scheinbare) Vertikale, wie sie *Delage* von seinen Versuchspersonen forderte, stellt offenbar einen so verwickelten Vorgang dar, daß bei vergleichender Untersuchung einer größeren Anzahl von Versuchspersonen nach dieser Methode Faktoren das Ergebnis entscheidend beeinflussen können, die mit der einfachen Lageempfindung nichts mehr zu tun haben. Brauchbarer wäre für derartige Untersuchungen noch das Verfahren von *Sachs* und *Meller,* bei denen die Versuchspersonen lediglich die eben erkennbare Abweichung einer Geraden von der Vertikalen zu ermitteln hatten. Die einfachsten Bedingungen schafft aber jedenfalls die Gartensche Versuchsanordnung, bei welcher festgestellt wurde, „bis zu welcher Grenze der Untersuchte nach einer größeren Lageveränderung selbständig seine Lage der Ausgangslage ähnlich machte, um die gleiche Empfindung zu gewinnen, die ihm bei Versuchsbeginn die Ausgangslage geliefert hatte".

Natürlich läßt sich auch bei dieser Versuchsanordnung der Einfluß gewisser zentralnervöser Vorgänge auf die Ergebnisse nicht ausschalten. So kommt bei der Einstellung des Sitzes auf die

Ausgangslage das *Lagegedächtnis* der Versuchsperson mit ins Spiel, und ferner läßt sich nicht ohne weiteres beurteilen, wieweit die *Aufmerksamkeit* und Konzentrationsfähigkeit des Untersuchten neben der Feinheit der eigentlichen *Lageempfindung* in den Versuchsergebnissen zum Ausdruck kommt. Bisweilen ließ sich bei auffallend ungenauem Einstellen die Ursache der schlechten „Disposition" der Versuchsperson in Übernächtigkeit oder allgemeiner Zerstreutheit unmittelbar feststellen. Für die praktische Auswertung der Versuche für die Flugtechnik war es aber durchaus geboten, diese Faktoren in die Prüfung mit einzubeziehen, und bei der Untersuchung der Frage nach der Bedeutung der einzelnen Sinnesorgane für das Zustandekommen des Lagegefühls galt es eben, die Versuchsbedingungen so zu wählen, daß trotz der Komplikation durch zentralnervöse Vorgänge eindeutige Ergebnisse erzielt wurden. Wenn also im folgenden von der „Lageempfindung" schlechthin die Rede ist, so sollen dabei die auch durch die hier gewählte Anordnung der Versuche nicht auszuschließenden „psychischen" Faktoren mit einbegriffen sein.

Ein Versuch zur Prüfung des Lagegefühls spielte sich nun folgendermaßen ab: der Prüfling bestieg den Neigungsstuhl, setzte eine Mattglas-Automobilbrille auf und faßte mit beiden Händen das Steuer. Damit er sich mit der Handhabung des Apparates vertraut machen und sich die Empfindung der Horizontallage des Sitzes möglichst fest einprägen konnte, wurden zunächst einige blinde Versuche gemacht: der Versuchsleiter brachte durch Ingangsetzen des Motors den Sitz in eine bestimmte Neigung, der Untersuchte stellte wieder auf die Horizontale ein und gab an, wann er dieses Ziel erreicht zu haben glaubte. Darauf gab ihm der Versuchsleiter den gemachten Fehler an und stellte den Sitz genau wagerecht ein. Nach diesen blinden Versuchen wurden in je einer Versuchsreihe zehn Neigungen des Stuhles von der Nullstellung aus nach vorn und hinten oder nach rechts und links vom Versuchsleiter ausgeführt und darauf von der Versuchsperson verlangt, der Nullstellung wieder zuzusteuern, ohne daß sie dabei die jeweils gemachten Fehler erfuhr. Damit der Untersuchte nicht aus der Dauer der Neigungsbewegung auf die Größe des Neigungswinkels schließen konnte, wurde die Einstellung durch den Versuchsleiter in mehreren Absätzen vorgenommen oder der Gang des Motors durch Ein- und Ausschalten von Widerständen geändert. Beim Zurückbringen des schief gestellten Sitzes auf die Horizontalebene verhielten sich die verschiedenen Prüflinge deutlich verschieden: die einen fuhren prompt und ohne Unterbrechung bis nahezu zur Nullstellung und machten dann nur noch einige geringfügige, tastende Einstellungsänderungen. Die anderen — und das waren meist die schlechteren Beobachter — fuhren oft weit über die Horizontallage hinaus und dann in großen Ausschlägen hin und her, ehe sie die richtige Einstellung gefunden zu haben glaubten.

Die Genauigkeit der Einstellung war bei den einzelnen Versuchspersonen sehr verschieden groß, und wenn auch bei einem und demselben Prüfling die Ergebnisse je nach der „Disposition" wechselten, so ließen sich doch deutlich gute von schlechten Beobachtern unterscheiden; während bei den ersteren der durchschnittliche Fehler einer Versuchsreihe 1 ° meist nicht wesentlich überschritt und nicht selten hinter diesem Werte zurückblieb, kamen bei den schlechteren Beobachtern häufig Abweichungen von 2—3 ° vor. Ob dabei die negativen Fehler, bei denen die Versuchsperson mit ihrer Einstellung hinter der Nullage zurückblieb, und die positiven Fehler, bei denen sie über das Ziel hinausschoß, für die Beurteilung der Lageempfindung des Prüflings eine verschiedene Bedeutung haben, ist eine Frage, deren Untersuchung noch aussteht.

Die hier geschilderten Versuche wurden gelegentlich ergänzt durch eine andere Form der Prüfung der Lageempfindung mit Hilfe des Neigungsstuhles: es wurde die *„Neigungsschwelle"* der untersuchten Person bestimmt. Dazu gab der Versuchsleiter dem Stuhl mit äußerst langsam gehenden Motor eine Neigung nach vorn oder hinten oder seitlich, und der Prüfling mußte angeben, wann er die Abweichung der Sitzfläche von der Horizontalen merkte. Diese zweite Versuchsmethode ergab im allgemeinen eine Bestätigung der mit der ersten erhaltenen Ergebnisse: die Größe der eben wahrgenommenen Neigung änderte sich bei den verschiedenen Versuchsbedingungen im gleichen Sinne wie der Fehler, der von der Versuchsperson bei aktiver Einstellung des Sitzes gemacht wurde.

Nachdem so die nötigen Grundlagen für die Kenntnis der Feinheit der Lageempfindung durch Prüfung einer Reihe von Versuchspersonen gewonnen waren, wurde weiterhin dazu übergegangen, zu untersuchen, ob sich durch Übung eine Vergrößerung der Genauigkeit bei der wagerechten Einstellung der Sitzfläche erzielen ließ. Zu diesem Zwecke wurde mit vier Versuchspersonen fast täglich mehrere Wochen hindurch eine Versuchsreihe ausgeführt, so daß der Einfluß von 18 bis 20 im zeitlichen Abstande von 24 bis 48 Stunden einander folgenden Versuchsreihen auf die Feinheit der Einstellung ermittelt werden konnte. Die Ausführung der Versuche vollzog sich im wesentlichen in der bereits geschilderten Weise. Die erhaltenen Ergebnisse zeigen bei drei Versuchspersonen eine mit der Zeit fortschreitende deutliche Verringerung der Fehlergröße. Faßt man, um die durch unkontrollierbare Einflüsse veranlaßten Schwankungen der Werte möglichst auszuschalten, immer eine bestimmte Anzahl (6) der bei den einzelnen Versuchsreihen erhaltenen Durchschnittswerte zusammen, so ergibt eine Versuchsperson die

Zahlen[1]) 17,8, 11,3, 6,7, eine zweite 16,7, 9,5, 6,1, eine dritte, die verhältnismäßig schlecht einstellte, 46,4, 33,7, 27,4. Bei der vierten Versuchsperson war dagegen die erzielte Besserung nur gering; die entsprechenden Durchschnittswerte betrugen 33,1, 31,5, 30.

Auf welchen der verschiedenen physiologischen Vorgänge, die bei der Wahrnehmung und der aktiven Beseitigung einer Neigung der Sitzfläche ins Spiel kommen, diese durch Übung erlangte Steigerung der Genauigkeit vorwiegend zu beziehen ist, muß vorläufig noch unentschieden bleiben. Jedenfalls erweckt aber die Tatsache, daß eine solche Verfeinerung der Einstellung durch Übung erreichbar ist, die Hoffnung, daß der Neigungsstuhl als gefahrloser Übungsapparat bei der Ausbildung von Flugschülern verwertet werden kann. Vielleicht könnte auch die Empfindung für die beim Landen oder beim Steigen eben noch zulässigen Neigungen des Flugzeuges nach vorn oder nach hinten durch Übungen mit dem Neigungsstuhle eingeprägt werden.

Schließlich wurde mit dem Gartenschen Apparat noch das schwierige Problem in Angriff genommen, die Lageempfindung genauer zu analysieren. Beim Zustandekommen dieser mit *einem* Worte bezeichneten und als einheitlich charakterisierten Empfindung wirken wahrscheinlich die verschiedensten Sinnesorgane mit, ohne daß wir uns dieser Mannigfaltigkeit bewußt zu werden brauchen. Abgesehen vom Gesichtssinne, dessen Einfluß auf die Beurteilung unserer Körperlage hier außer Betracht bleiben soll, werden vielfach die im Labyrinth des inneren Ohres gelegenen Organe des sog. statischen Sinnes als besonders wichtig für unsere Orientierung im Raume betrachtet. Da uns diese Organe zunächst nur die Empfindung für die Lage unseres *Kopfes* zur Vertikalen vermitteln können, so muß die Stellung des Kopfes zum Rumpfe bei einer Auswertung der vom Labyrinth ausgehenden Empfindung für die Beurteilung unserer Körperlage bekannt sein. Dazu müssen der Drucksinn der Haut des Halses sowie in den Halsmuskeln ausgelöste Spannungsempfindungen herangezogen werden[2]). Der Drucksinn der Haut und die Empfindung der Muskelspannung kommen aber auch *unmittelbar,* unabhängig von Erregungen des Ohrlabyrinths, für die Orientierung im Raume in Frage. Insbesondere wird im Neigungsstuhl bei jeder Neigung der Sitzfläche der Schwerpunkt des Körpers verlagert und damit der an den verschiedensten Hautstellen angreifende Druck oder Zug geändert; ebenso können dabei die Spannungen in den verschiedenen Muskelgruppen wechseln und dadurch Empfindungen ausgelöst werden, welche vielleicht für die Beurteilung der Neigung des Stuhles Verwertung finden.

Um die relative Bedeutung dieser verschiedenen Sinnesfunktionen beim Zustandekommen der Lageempfindung beurteilen zu können, wurde versucht, je eine derselben möglichst auszuschalten oder es doch der Versuchsperson möglichst schwer zu machen, sie für die Beurteilung ihrer Lage auszunutzen. Das wurde für die von den statischen Organen ausgehenden Empfindungen dadurch erreicht, daß während der Untersuchung im Neigungsstuhl der Kopf des Prüflings durch einen Gehilfen dauernd passiv bewegt (gerollt) wurde oder daß der Kopf dauernd in einer ungewohnten Lage zum Rumpfe gehalten wurde oder derart festgehalten wurde, daß er Bewegungen des Körpers nicht mitmachen konnte. Bei allen diesen Versuchen, die auf *Gartens* Veranlassung von Herrn *Backhaus* ausgeführt wurden, zeigte sich keine merkliche Verschlechterung in der Einstellung des Sitzes auf die Horizontalebene.

Eine interessante Ergänzung dieser Beobachtungen, welche *gegen* einen *ausschlaggebenden* Einfluß des Ohrlabyrinths auf den von uns als Lageempfindung bezeichneten Empfindungskomplex zu sprechen scheinen, brachte die Untersuchung von *Taubstummen,* bei denen ja häufig neben der Schädigung der dem Gehörsinn dienenden Teile des inneren Ohres auch Zerstörungen des Ohrlabyrinths vorkommen, die zu einem Ausfall der im Sacculus und Utriculus gelegenen statischen Organe oder der in den Ampullen der Bogengänge vorhandenen Sinnesorgane führen, falls nicht, wie das auch bisweilen beobachtet wird, *beide* Arten von Sinneswerkzeugen nicht mehr funktionieren[1]). Die Versuchspersonen, etwa 14jährige Zöglinge einer Taubstummenanstalt, wurden zunächst auf die Leistungsfähigkeit ihres Labyrinthes geprüft. Es ist leicht, den Ausfall der Funktion der Bogengänge festzustellen, die nach der Mach-Breuerschen Theorie die Empfindung für die Winkelbeschleunigung des Kopfes vermitteln; der Ausfall äußert sich im Ausbleiben des Drehschwindels und objektiv im Fehlen des Augenzitterns (Nystagmus), wenn der Untersuchte auf einer Drehscheibe gedreht wird.

Als statisches Organ sind nach *Mach* und *Breuer* die Otolithen des Ohrlabyrinthes mit ihren Sinnesapparaten anzusehen: kleine Konkremente ruhen auf den Wimperhaaren von Sinnesepithelzellen und üben auf diese einen Druck aus,

---

[1]) Division dieser Zahlen durch 6 ergibt die durchschnittlichen Abweichungen der Einstellung von der Horizontalen für je 6 aufeinander folgende Versuchsreihen in Winkelgraden.

[2]) Eine Verwertung der von den *Gelenkflächen* ausgehenden Nervenerregungen für die Lageempfindung, die früher (von *Goldscheider*) angenommen wurde, ist durch spätere Untersuchungen (*Payr, v. Strümpell* und *v. Frey*) sehr unwahrscheinlich geworden.

[1]) Die Leser der „Naturwissenschaften" finden Näheres über die physiologische Bedeutung der Bogengänge in dem Aufsatze von *Bárányi:* „Der Schwindel und seine Beziehungen zum Bogengangapparat des inneren Ohres", Jahrg. 1, 1913, S. 396 und 425, über die statischen Organe in der Arbeit *v. Buddenbrocks:* „Die Beziehungen der tierischen Organismen zur Schwerkraft", Jahrg. 2, 1914, S. 456.

dessen Richtung durch die Lage des Kopfes bestimmt wird. Um die Funktionstüchtigkeit dieser Sinnesorgane zu prüfen, wird der zu Untersuchende nach dem Vorgange von *Mach* und von *Kreidl* in einem Karussell rasch gedreht, so daß die Zentrifugalkraft auf die verhältnismäßig schweren Otolithen wirkt und die Richtung des von ihnen auf die Unterlage ausgeübten Druckes verändert. Dieser Vorgang löst reflektorisch eine der Versuchsperson nicht zum Bewußtsein kommende Raddrehung der Augen aus, und diese unbewußte Raddrehung hat ihrerseits zur Folge, daß der Untersuchte eine Richtung für vertikal ansieht, die von der Drehachse des Karussells aus gerechnet schräg von oben — innen nach unten — außen verläuft. Durch Einstellung eines Zeigers gibt der Untersuchte, der in dem Karussell von der ruhenden Außenwelt nichts wahrnehmen kann, die von ihm für senkrecht gehaltene Richtung an, und ein Ausbleiben der beschriebenen Abweichung deutet auf einen Ausfall der Otolithenfunktion. Diese Prüfung ist jedoch weit weniger sicher als die Funktionsprüfung der Bogengänge.

Zwölf taubstumme Kinder, bei denen die Untersuchung teils eine Aufhebung der Funktion der Bogengänge, teils eine solche der Otolithenfunktion ergeben hatte (beides zugleich wurde bei keinem der Untersuchten sicher beobachtet), zeigten nun bei der Prüfung auf dem Neigungsstuhl überraschend geringe Unterschiede ihrer Leistungsfähigkeit gegenüber der von normalen Versuchspersonen. Die Taubstummen, bei denen die Voruntersuchung auf einen Ausfall der Otolithenfunktion hatte schließen lassen, stellten praktisch nicht schlechter ein als Normale; von den Kindern, bei denen die Prüfung der Bogengangsfunktionen einen Ausfall dieses Sinnesapparates ergeben hatte, machten einige größere Fehler, die aber auch die größten von normalen Personen gemachten Fehler kaum übertrafen. Die Versuchsergebnisse sprechen also in demselben Sinne wie die Erfahrungen von *Backhaus:* die Sinnesorgane des Ohrlabyrinths erscheinen für die subjektive Beurteilung der Körperlage geradezu entbehrlich, wenigstens bei den auf dem Neigungsstuhl gegebenen Versuchsbedingungen.

Ist aber eine Orientierung ohne Mitwirkung des Auges und des Ohrlabyrinths möglich, so kann sie sich nur auf *die* Sinnesempfindungen stützen, welche die auf den gesamten Körper wirkende Schwerkraft durch Druck und Zug in den Sinnesapparaten der Haut und der Muskulatur auslöst. Um die Richtigkeit dieser Annahme zu prüfen, wurden die Versuche an einem passend abgeänderten Neigungsstuhl wiederholt, der in einem geräumigen, mit Zinkblech ausgeschlagenen Kasten angebracht war, welcher bis obenhin mit Wasser gefüllt wurde, so daß die Versuchsperson völlig unter Wasser getaucht die Einstellung des Stuhles vornehmen konnte. Dabei war zu erwarten, daß die Erdanziehung durch den Auftrieb im Wasser soweit aufgehoben oder doch in ihrer Wirkung auf den Körper der Versuchsperson beeinträchtigt wurde, daß die Schwereempfindung für die Beurteilung der Körperlage nicht ohne weiteres mehr benutzt werden konnte. Durch ein mit einem Ausatmungsventil versehenes Mundstück wurde Luft aus einer Glocke geatmet, in der die Luft etwa unter demselben Drucke stand wie die Mitte des Brustkorbes. Die Atmung durch diesen Apparat war nicht nennenswert erschwert, und da auch die Temperatur des Wassers auf nahezu Körpertemperatur gehalten wurde, so waren alle die Aufmerksamkeit und möglicherweise auch die Feinheit der Hautempfindung (Abkühlung!) beeinträchtigenden Einflüsse tunlichst ausgeschaltet. Damit die Versuchsperson durch den Auftrieb nicht vom Sitze abgehoben wurde, war sie mit Riemen gut festgeschnallt. Bei dieser Versuchsanordnung ergab sich eine merkliche Verschlechterung der Einstellung, und die Unsicherheit der Versuchsperson gibt sich häufig in weit ausgreifendem Hin- und Herfahren bei der Einstellung zu erkennen. Immerhin spricht die meist zu beobachtende erhebliche Verbesserung der Einstellungen bei Wiederholung der Versuche dafür, daß der mehr oder weniger vollständige Wegfall der Schwere des Körpers wohl zunächst verwirrend wirkt, daß aber unter den gegebenen Umständen doch noch ein Rest von Lageempfindung übrig bleibt, der bei einiger Übung eine recht gute Einstellung des Sitzes in die Horizontalebene ermöglicht.

Um den Einwand auszuschließen, daß nicht sowohl die Veränderung der Schwerewirkung auf den Körper, als vielmehr die ungewohnten Begleitumstände an der größeren Unsicherheit der Einstellung unter Wasser schuld seien, wurde in Vergleichsversuchen die Zugwirkung der Schwerkraft auf den untergetauchten Körper dadurch wiederhergestellt, daß die Versuchsperson durch auf den Schultern befestigte Sandsäcke oder durch Anlegen einer mit Bleistücken beschwerten Weste belastet wurde. Die Einstellungen des Neigungsstuhles werden dabei sofort genauer und die Versuchspersonen empfinden deutlich, daß die Orientierung leichter geworden ist, ohne sich über den Grund dieser Erleichterung recht klar zu werden.

Rechnet man mit der verhältnismäßigen Bedeutungslosigkeit der statischen Organe für den Ausfall der Prüfungen im Neigungsstuhl, so kann der Rest von Orientierungsvermögen, der auch bei völlig unter Wasser getauchtem Körper noch bestehen bleibt, nur so erklärt werden, daß durch den Auftrieb gewissermaßen eine Überkompensation der Schwerewirkung erfolgt: Körperteile von geringem spezifischen Gewicht sind der Wirkung einer Kraft ausgesetzt, deren Richtung der der Schwerkraft genau entgegengesetzt ist, und die durch diese Kraft ausgelösten Zug- und Spannungsempfindungen in Haut und Muskeln können offenbar für die Beurteilung der Körperlage ausreichen. Um den Versuchspersonen

auch dieses Hilfsmittel zur Orientierung zu nehmen, wurde die Versuchsanordnung folgendermaßen abgeändert: ein aus starkem Gurt hergestellter Gürtel ruhte auf beiden Schultern und lief mit Querverbindungen über Brust und Rücken. Durch sechs kräftige Spiralfedern konnte er vorn, hinten und seitlich an dem Neigungsstuhl befestigt werden. Wurde der Gürtel bei etwas gebogenem Rücken angelegt, so konnten die Federn durch Aufrichten des Oberkörpers und Anstemmen der Füße an das Fußbrett kräftig angespannt werden. Daraus ergab sich eine bedeutende Druckkraft, welche unabhängig von der Einstellung des Stuhles den Körper stets senkrecht gegen die Sitzfläche preßte, und es konnte angenommen werden, daß die durch diesen Druck hervorgerufenen Haut- und Muskelempfindungen so stark vorherrschten, daß alle durch Schwerkraft oder Auftrieb ausgelösten Zug-, Druck- oder Spannungsempfindungen dadurch wenigstens nahezu unter die Schwelle der Wahrnehmbarkeit herabgedrückt wurden. In der Tat brachte diese Versuchsanordnung eine sehr erhebliche Beeinträchtigung der Orientierung zustande. Ließ die Versuchsperson unter Wasser durch starkes Beugen des Rückens die Federn zunächst entspannt, so empfand sie eine Neigung des Stuhles sehr deutlich, spannte sie die Federn durch Strecken des Rückens an, so hatte sie geradezu die Empfindung, als ob der geneigte Sitz sich dabei in die Horizontale einstellte. Im Trocknen, also ohne Aufhebung der Schwerewirkung, vermochten die gespannten Federn dagegen die Genauigkeit der Einstellung nicht wesentlich zu beeinträchtigen, wie durch besondere Kontrollversuche festgestellt wurde. Daß es bei gespannten Federn unter Wasser nicht zu einer *völligen* Desorientierung kommt, erklärt sich vermutlich vor allem daraus, daß die Empfindung des Auftriebes einzelner Körperteile auch auf diese Weise nicht ganz unterdrückt werden kann, wenn man nicht an die Möglichkeit denken will, daß nach Ausschaltung aller übrigen Hilfsmittel schließlich doch die von den statischen Organen herkommenden Empfindungen für die Orientierung ausgenutzt werden[1]). Wie weit immerhin der Verlust des Orientierungsvermögens bei gespannten Federn unter Wasser gehen kann, das zeigen Versuche, unter diesen Bedingungen die „Neigungsschwelle" zu bestimmen; dabei kam es vor, daß eine Neigung von 8° oder gar von 18° nach hinten von dem Prüfling als „Neigung nach vorn" bezeichnet wurde!

Nimmt man sonach an, daß die Beurteilung der Körperlage im Raume hauptsächlich auf Grund von Empfindungen erfolgt, welche durch die Wirkung der Schwere auf den gesamten Körper — abgesehen von den statischen Organen — ausgelöst werden, so war dabei noch die Unterscheidung zwischen dem Drucksinn der Haut und dem sog. „Kraftsinn", der Empfindung der Muskelspannung, zu treffen[1]). Eine Möglichkeit hierzu bot die Ausschaltung der Hautsinnesorgane im Bereich der mit der Sitzfläche in Berührung stehenden Hautgebiete, die sich am einfachsten durch starke Abkühlung erreichen läßt. Da gerade die Gesäßhaut gut durchblutet ist, mußte allerdings sehr kräftig gekühlt werden, um die erwünschte Wirkung zu erzielen. *Garten* hat demnach zu einem Selbstversuch die Sitzfläche und das Fußbrett des Neigungsstuhles mit einem Zinkblechkasten ausgerüstet, durch den Salzwasser von —6° bis —8° C durchgeleitet wurde. Eine völlige Aufhebung der Druckempfindlichkeit der Haut läßt sich freilich auch mit Durchfrieren nicht erzielen, und zwar beruht das nach *v. Frey* und *Hacker* darauf, daß gerade durch das Gefrieren der Haut die Übertragung von Druck und Zug auf benachbarte Hautstellen erleichtert wird. Jedenfalls war aber zu erwarten, daß die Ausschaltung der Druckempfindung der Haut im Bereiche der Sitzfläche durch die von benachbarten Hautgebieten kommenden Empfindungen nicht wettgemacht werden konnte, so daß die Kühlung der Gesäßhaut eine merkliche Verschlechterung der Orientierung zur Folge haben mußte, wenn überhaupt die Hautsinne dafür wesentlich in Betracht kommen. Der Versuch hat im entgegengesetzten Sinne entschieden: weder die Versuche auf gekühltem Sitze, noch ein weiterer Versuch, bei dem die Gesäßhaut durch epifasciale Einspritzung von Novocaïnlösung unempfindlich gemacht war, ergaben eine wesentliche Veränderung in der Genauigkeit der Einstellung. Auch subjektiv wird die Neigung des Stuhles sehr gut empfunden, obwohl auch die Gefühllosigkeit der Gesäßhaut deutlich zum Bewußtsein kommt. Dabei wurde in beiden Fällen unmittelbar nach Schluß eines Versuches festgestellt, daß in dem anästhetisierten Gebiete weder die Tast-, noch die Schmerzempfindung durch Reize ausgelöst werden konnte, die für die normale Haut weit über der Reizschwelle liegen.

Die Hautempfindung mit Sicherheit als Mittel für die Beurteilung der Körperlage auszuschließen, ist freilich auf Grund dieser Versuche noch nicht möglich, denn es blieb ja dabei die Sensibilität in den *Schenkelbeugen* erhalten, und auf Grund der Erfahrungen, die *v. Frey* bei der Untersuchung von Bewegungen des Armes im Ellenbogengelenk gesammelt hat, scheinen gerade Empfindungen in der Haut der *Beugeseite* eines Gelenkes für die Beurteilung der Stellung des Gliedes von Bedeutung zu sein. Es wäre also sehr wohl möglich, daß Verschiebungen der Haut

[1]) Der hierfür entscheidende Versuch — Prüfung eines Taubstummen mit ausgefallener Otolithenfunktion unter Wasser und mit gespannten Federn — konnte bisher nicht ausgeführt werden, da die Taubstummenanstalt die Verantwortung nicht auf sich nehmen konnte, ihre Zöglinge zu einem solchen Versuche herzugeben.

[1]) Über diese Sinnesqualitäten orientiert der Aufsatz von *Veraguth*: „Die Sensibilitäten des menschlichen Organismus", Naturwissenschaften, Jahrg. 1, 1913, S. 536.

in der Leistengegend für das Erkennen einer Winkeländerung im Hüftgelenk und damit bei bekannten Spannungszuständen in der Rumpfmuskulatur zum Erkennen einer Neigung des Stuhles ausgenutzt werden.

Abgesehen von dieser Möglichkeit bleibt aber nach Ausschluß der übrigen in Betracht kommenden Sinnesqualitäten noch der Muskelsinn oder „Kraftsinn" als derjenige Sinn übrig, der unter den gewählten Versuchsbedingungen vor allen anderen für die Beurteilung der Körperlage herangezogen wird. Die Gartenschen Untersuchungen berechtigen also zu der Annahme, daß wir uns dabei vorwiegend auf die Angaben desjenigen Sinnes stützen, der nach *v. Freys* Beobachtungen in bezug auf Feinheit der Unterscheidungen allen anderen Sinnen überlegen ist.

Besprechungen.

Graebe, Carl, Geschichte der organischen Chemie. Erster Band. Berlin, Julius Springer, 1920. X, 406 S. Preis geh. M. 28,—, geb. M. 41,60.

Nachdem im Jahre 1916 die große Geschichte der organischen Chemie des feinsinnigen Chemikers und Staatsmannes *Edv. Hjelt* erschienen ist, können wir heute wiederum den ersten Teil einer bedeutsamen Geschichte des gleichen Wissenszweiges begrüßen. *Carl Graebe*, der berühmte Altmeister unserer Wissenschaft, der die organische Chemie durch die grundlegenden Arbeiten über die Chinone bereicherte, der zusammen mit *C. Liebermann* die erste Synthese des Alizarins fand und dem wir noch viele andere wichtige Arbeiten verdanken, hat die Mußezeit nach seinem Rücktritt vom Lehramt dazu benutzt, die Geschichte des Spezialgebiets zu schreiben, an dem er befruchtend mitgewirkt und die er durch einige Jahrzehnte hindurch schaffend miterlebt hat. *Graebes* Buch beginnt mit der Zeit, in der die Arbeiten von *Scheele* und *Lavoisier* die erste systematische Behandlung organischer Körper inaugurierten, und schließt mit dem Zeitpunkt, in dem die Lehre von der Lagerung der Atome im Raume allgemein zur Anerkennung gelangt. Die Weiterentwicklung von da an soll von Prof. Dr. *Hoesch* selbständig behandelt werden und in etwa zwei Jahren erscheinen.

Im Bestreben, die geschichtliche Darstellung möglichst getreu zu geben, hat *Graebe* es versucht, die geschichtliche Darstellung der einzelnen Fragen nicht nur dem Resultat nach zu geben, sondern ihrer Entwicklung auch dadurch Rechnung zu tragen, daß er Form und Nomenklatur der Zeit wahrte. Auch dies nicht ganz leichte Unternehmen ist ihm vortrefflich geglückt. Mit klassischer Klarheit und so leicht verständlich, daß es selbst dem noch Studierenden nicht schwer fallen kann zu folgen, ziehen die Forschungen der organischen Chemie an uns vorüber, und je mehr man sich in das Buch vertieft, desto größer wird die Lust, die Entwicklung weiter zu verfolgen. Dabei erfahren die bisherigen historischen Ansichten manche wertvolle Ergänzung und Klärung, die nur ein Fachmann geben konnte, der die riesige Originalliteratur durchgearbeitet hat und aus eigenem Erleben manches zuzufügen weiß, was bisher nur einem engeren Kreise bekannt war. Wir weisen in dieser Hinsicht einesteils auf die grundlegenden Arbeiten über die Substitution (Kap. 18) und anderenteils auf die Geschichte der künstlichen Herstellung des Alizarins (Kap. 25).

Die acht großen Abschnitte, in die das Buch eingeteilt ist, enthalten insgesamt 64 Kapitel. Die drei ersten des Abschnittes 1 führen uns *Scheeles* organische Arbeiten, *Lavoisiers* Einfluß auf die organische Chemie und die Untersuchungen vegetabilischer und animalischer Stoffe nach *Scheeles* Tod bis 1810 vor Augen, also die mehr qualitativen Forschungen. Der zweite Abschnitt beginnt mit der organischen Elementaranalyse und zeigt den immensen Fortschritt, der durch dies u. a. quantitative Hilfsmittel bewirkt wurde. Ein besonderes Kapitel (11) ist mit Recht *Faradays* Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie gewidmet. Der dritte Abschnitt wird durch die Lehre von der Isomerie eingeleitet und bringt dann die ersten Synthesen organischer Verbindungen und nun in überaus anschaulicher Darstellung die grundlegenden Theorien. Er schließt mit Kapiteln über das Atomgewicht des Kohlenstoffs und über Metamorphosen organischer Körper. Nun folgen im vierten Abschnitt die Forschungen, die besonders aus der Wirksamkeit von *Gerhardt, Würtz, A. W. Hofmann* und *Kolbe* hervorgingen in der Zeit von der Mitte der vierziger bis zum Ende der fünfziger Jahre, eine Periode reich an Entdeckungen, aber auch an heftigen Kämpfen. Sie führten erst zur neuen Typentheorie und dann zu den Anfängen der Strukturtheorie und stellen allmählich Männer wie *Williamson, Berthelot* und *Kekulé* an die beherrschenden Plätze. Zugleich verhalfen hervorragende Untersuchungen über die Gärung der vitalistischen Theorie zur allgemeinen Anerkennung. Dann wurden die Diazoverbindungen entdeckt und die ersten Anilinfarben aufgefunden. Sehr passend schließt *Graebe* den fünften Abschnitt mit einer kurzen, aber sehr inhaltsreichen Geschichte der Molekulartheorie, wie sie von etwa 1860 an eine der wichtigsten Grundlagen unserer theoretischen Ansichten wurde. Von nun an entwickelte sich allmählich die Strukturtheorie durch die Anwendung graphischer Formeln und Atommodelle zu großer Anschaulichkeit und der Abschnitt 6 schildert uns diese Entwicklung. Wir erfahren, wie man zur Gleichwertigkeit der Kohlenstoffvalenzen kam, die Valenzlehre weiter ausbaute und nicht nur für die sogenannten gesättigten, sondern auch für die ungesättigten Körper überaus brauchbare Konstitutionsformeln aufstellen konnte. Kapitel über die Bildung und Zersetzung von Estern, über physiologisch wichtige stickstoffhaltige aliphatische Verbindungen und die Entdeckung der Chlorüberträger schließen diesen Abschnitt ab. Der folgende siebente Abschnitt ist den Benzolderivaten gewidmet und wir erhalten eine höchst anschauliche Geschichte der Entwickelung dieser Materie, die auch manchen neuen Gesichtspunkt in ihrer Beurteilung bringt. Besonderen Reiz hat das Kapitel 55 „die Chinone und die Konstitution von Naphthalin und Anthracen", in dem *Graebe* viel Eigenes gibt. Der achte Abschnitt bringt die Geschichte wichtiger Forschungsgebiete, die meist in den siebziger Jahren ihren Ursprung nahmen. Wichtige Darstellungsmethoden und Synthesen erschlossen neue Körperklassen und die Kontaktsubstanzen wurden schon erheblich vielseitiger als früher verwendet. Die Strukturchemie erwies sich dabei als ein vortreffliches Mittel, die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen einfach und plausibel zu erklären, besonders als *van't Hoffs* Hypothese vom asymmetrischen Kohlen-

stoffatom in sie aufgenommen war. Auch gab in jener Zeit das Studium der Umwandlungen organischer Verbindungen im tierischen Organismus wichtige Resultate, die, wie viele andere der organischen Chemie, auch der chemischen Industrie zugute kamen. Mit einer Besprechung der Baeyerschen Spannungstheorie und stereochemischen Resultaten schließt das Buch ab.

Wir haben in *Graebes* Geschichte der organischen Chemie ein Werk erhalten, das auf tiefgründigen Studien, auf eigenen Erlebnissen und auf echter Sachlichkeit aufgebaut ist. Nirgends merkt man etwas von einseitiger Stellungnahme, und so warmherzig *Graebe* sein Thema vorträgt, überall hat er das Für und Wider genau abgewogen und sich immer bemüht, gerecht zu sein. Er hat, wie auch *Edv. Hjelt*, als wirklicher Historiker eben über den Ereignissen gestanden und nie dem Gefühle und persönlichem Empfinden die Herrschaft über den Verstand oder über die Gerechtigkeit gegeben, ganz im Gegensatz zu *M. Delacre*, dessen jüngst erschienene Histoire de la Chimie denn auch von *Edm. O. von Lippmann* treffend eingeschätzt wurde[1]). *Graebes* Buch sei allen Chemikern wärmstens empfohlen, besonders aber der studierenden Jugend. Man kann eine Wissenschaft nur dann ganz verstehen, wenn man ihre Geschichte kennt. Wie atmete der Strebende seinerzeit auf, als ihm die grundlegenden Abhandlungen mit den nötigen Kommentaren in *Ostwalds* Klassikern erschlossen wurden. Durch *Graebes* Geschichte der organischen Chemie hat es die heutige Generation noch viel leichter, sie findet das Wesentlichste anregend, klar und sachlich, gleich in die großen Zusammenhänge eingereiht, vor. Möchte das wertvolle, würdig ausgestattete Buch recht viel und fleißig gelesen werden! *F. Henrich, Erlangen.*

Stähler, Arthur, Handbuch der Arbeitsmethoden in der anorganischen Chemie. Zweiter Band, erste Hälfte. Physikalische Operationen allgemeiner Art. Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger Walter de Gruyter & Co., 1920. 654 S. und 390 Abbildungen. Preis geh. M. 45,— + 50 % Teuerungszuschlag.

Die für die physikalische und chemische Forschung so überaus fruchtbare Zeit vor dem Kriege hat die Ökonomie der Forschung — d. i. die mit geringstem Aufwand an Zeit und Arbeitskraft zu erzielende Steigerung der Ergebnisse nach Wert und Zahl — ohne Rücksicht auf die Kosten der dazu geeigneten Hilfsmittel anstreben können; mochte es sich um die Neubeschaffung der für bestimmte Arbeiten erforderlichen Apparate handeln, um die Heranziehung von Hilfskräften oder um literarische Hilfsmittel. Von den letzteren wurde eine an Zahl und Umfang ständig wachsende Auswahl von Werken geboten, deren Zweck es war, dem experimentell Arbeitenden das früher Geschaffene auf bequemste Weise zugänglich und nutzbar zu machen.

Nach seiner ganzen Anlage schien ein hervorragendes Hilfsmittel dieser Art das Handbuch der anorganischen Arbeitsmethoden werden zu sollen. Der Befürchtung, daß es durch den Krieg verurteilt sein würde, ein Torso zu bleiben, widersprach das Erscheinen mehrerer Bände während dieser Zeit. Aber da bestand noch die Hoffnung, daß nach wieder eingetretener Ruhe die Arbeit mit der früheren Kraft fortgeführt werden könnte. Statt dessen sind die Schwierigkeiten der Weiterführung ins Ungemessene gewachsen; nicht nur sachlicher Art, sondern auch persönlicher. Eine Reihe von ausländischen Mitarbeitern von hervorragendem Range hatte Beiträge zugesagt. Diese Beiträge müssen zu großem Teile fortfallen oder von anderer Seite erbeten werden. Von den deutschen Mitarbeitern fehlt ein Teil; ein anderer Teil ist durch den harten Zwang mannigfacher Art, den die Not der Zeit ihnen auferlegt, verhindert, die gegebene Zusage zu halten. So sieht sich der Herausgeber genötigt, die Fachgenossen, die die Fortsetzung des ihnen so überaus nützlichen Werkes fast ungeduldig erwarten, für Veränderungen und Kürzungen des ursprünglichen Programms um Nachsicht zu bitten.

Zu den bisher vorliegenden Bänden (vgl. *Die Naturwissenschaften* 1914 S. 873, 1916 S. 392, 1917 S. 279) tritt jetzt die erste Hälfte des zweiten Bandes: Physikalische Operationen allgemeiner Art. Der Charakter der Beiträge ist hier überaus verschieden. Was der Benutzer eines solchen Werkes wünscht, ist eine möglichst umfassende, dabei aber doch vom Sinn für das Wesentliche eingeschränkte Übersicht über die vorhandenen Methoden und Apparate an der Hand guter Abbildungen ohne allzu eingehende Erörterung der theoretischen Grundlagen, die man mehr in Lehrbüchern, und ohne Einzelheiten über Apparaturen für Spezialzwecke, die man im gegebenen Falle in den Originalabhandlungen sucht.

Diesen Forderungen entspricht vollständig der Artikel über die Druckmessungen von *Scheel* und *Heuse*, der in knappen, übersichtlichen Ausführungen die Messungsmethoden, die Ablesemethoden und die Apparate zur Messung kleiner Drucke behandelt. Eine Ergänzung über die Messung kleiner Drucke bringt *F. Meinecke*. Evakuieren und Komprimieren behandelt *F. Bergius* in guter, aber nicht bis in die jüngste Zeit vervollständigter Übersicht. Es fehlt z. B. die im chemischen Laboratorium jetzt viel benutzte Vollmersche Pumpe, ferner die außerordentlich praktische von Dr. *Gehrts* angegebene Quecksilber-Lichtbogenpumpe von Siemens und Halske. Vermutlich liegt die Beendigung des Artikels schon einige Zeit zurück. Es dürfte sich empfehlen, nach Abschluß des ganzen Werkes Ergänzungen in einem Nachtrage zu bringen.

Eine recht wertvolle, aber über den oben bezeichneten allgemeinen Charakter des Werkes weit hinausgehende Abhandlung über das Verdichten von Gasen gibt *G. Birstein*. Dem nur noch historisch Interessanten wird hier ein breiter Raum gewidmet. Die eingehende Beschreibung der Apparate von *Wroblewski, Olszewski, Natterer, Cailletet* usw. an Hand von Figuren dürfte doch wohl an dieser Stelle nicht gesucht werden. Beiläufig sei bemerkt, daß Tabellen aus Landolt-Börnstein nicht mehr der dritten Auflage, sondern der seit 1912 vorliegenden vierten entnommen werden sollten. Ein nicht unbeträchtlicher Raum wird auch für rein theoretische Darlegungen, z. B. für die mathematische Behandlung des Joule-Thomson-Effekts, beansprucht.

In noch höherem Maße gilt das für den Artikel Herstellen verschiedener Temperaturen von *F. Hoffmann*. Die rein theoretische Einleitung über Temperaturbegriff und Temperaturskale holt für den Zweck des vorliegenden Werkes viel zu weit aus. Die Ausführungen sind sehr interessant und lesenswert, aber wer zu einem Handbuch der Arbeitsmethoden greift, sucht etwas anderes. Man wird jedoch gern zugeben, daß die nahe an zweihundert Seiten umfassende Ab-

[1]) Chemiker-Zeitung 1920, S. 449 (Heft 73).

handlung neben diesen theoretischen Darlegungen auch für jede einschlägige Frage praktischer und technischer Art die sachgemäße Antwort enthält.

Kurz und zweckmäßig sind die Beiträge des Herausgebers *A. Stähler*; sie entsprechen der oben dargelegten Auffassung von dem für das Gesamtwerk erwünschten Charakter. *Stähler* behandelt Allgemeines über Erhitzen und Abkühlen; einen Anhang dazu über feuerfeste Massen und Gefäße für hohe Temperaturen liefert *E. Groschuff*. Es folgt ein Artikel von *Stähler* über Abdampfen.

Wieder in breiter Ausführlichkeit, aber diesmal der Wichtigkeit des Gegenstandes für die Laboratoriumsarbeiten entsprechend und durch die Persönlichkeit des Bearbeiters noch besonders gerechtfertigt, berichtet *F. Kafft*, Heidelberg, über Destillieren und Sublimieren bei gewöhnlichem Druck, im hohen Vakuum, bei Überdrucken usw. — Als besonders erfreulich darf es bezeichnet werden, daß auf die überaus interessanten Beiträge von *J. W. Richards* (Cambridge Mass. U. S. A.) nicht verzichtet zu werden brauchte. Er berichtet in zwei Artikeln über Fällen und über Kristallisieren. Kurze, aber sehr inhaltreiche Bemerkungen macht *H. v. Wartenberg* über Schmelzen. *Stählers* Bericht über Trocknen wird wieder ergänzt durch Bemerkungen von *J. W. Richards* über das Trocknen von Kristallen. Daran schließt sich ein Aufsatz von *Stähler* über Lösen.

Es folgt eine vorzügliche Monographie über Mikroskopie von *J. Ehlers* (Jena). Behandelt werden der mechanische Aufbau, die optische Einrichtung des Mikroskops, die Abbildungsvorgänge nebst Regeln über die Handhabung des Mikroskops. Eingehend werden die Hilfsapparate für das Mikroskop besprochen und die Durchsicht läßt leicht erkennen, welchen Gewinn es für das Werk bedeutete, daß hier ein Mitglied des Zeißwerkes als Autor herangezogen werden konnte. Hervorgehoben sei noch, daß auch die Einrichtungen für die Ultramikroskopie eine eingehende, bis zu den letzten Verbesserungen führende Darstellung finden.

Nicht weniger zu rühmen ist die ebenfalls sehr ausführliche Behandlung der Spektroskopie von *H. Konen* (Münster). Es ist aus dem großen Gebiet das herausgegriffen, was man in einem Handbuch der Arbeitsmethoden zu finden hoffen darf: die Methoden zur Herstellung von Emission und Absorption, die Herstellung der Spektra, die Darstellung und Charakteristik der Spektra und die Anwendungen zur qualitativen und quantitativen Emissions- und Absorptions-Spektralanalyse. Die Abhandlung ist, wie bei der großen Praxis des Verfassers zu erwarten ist, ungemein lehrreich und wer spektroskopisch arbeiten will, wird kaum irgendwo auf engem Raum eine ähnliche Fülle wertvoller Ratschläge beisammen finden. — Auch der letzte Artikel des Bandes, der über Colorimetrie, hat in *F. Löwe* (Jena) einen Bearbeiter gefunden, der durch seine Mitwirkung an der Ausgestaltung wertvoller optischer Apparate in erster Linie dazu berufen ist. Vielleicht hätte hier unter der Zahl der mustergültig beschriebenen Apparate das *Chromoskop* eine eingehendere Berücksichtigung finden sollen.

Es ist sehr zu wünschen, daß die Not der Zeit den raschen Fortgang des Werkes, das sich der Laboratoriumsbibliothek wohl bald als unentbehrlich erweisen dürfte, nicht hindert. Manche Einschränkung wird ja erforderlich sein. Wenn im vorstehenden Referat einige Ausstellungen über zu weite Fassung des Rahmens mehrerer Beiträge gemacht worden sind, so geschah das in der Hoffnung, daß durch Beschränkung in bezug auf das Historische und Theoretische Raum gewonnen werden könnte für das hier unumgänglich Notwendige. *Alfred Coehn, Göttingen.*

Kolbe, Ludwig, Flüssige Luft, Sauerstoff, Wasserstoff. Deutsche Übersetzung und Erweiterung des Buches Air Liquide, Oxygène, Azote von *George Claude*. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1920. VIII, 430 S., 207 Abbild., 17 Tab. u. 6 Tafeln. Preis geh. M. 42,—, geb. M. 50,—.

Die Übersetzung des Buches von *Claude* „Air Liquide, Oxygène, Azote", das bereits im Jahre 1905 in erster, 1909 in zweiter wesentlich erweiterter Auflage erschienen war, müßte an sich freudig begrüßt werden, wenn nicht bedauerlicherweise die deutsche Ausgabe durch eine Reihe von Zusätzen gegenüber dem französischen Original in ihrem Werte beeinträchtigt worden wäre, Zusätzen, die der an sich durchaus löblichen Absicht entsprungen sind, die wissenschaftlichen Fortschritte des letzten Jahrzehntes zu berücksichtigen.

Das Claudesche Buch ist zweifellos das beste, was auf dem Gebiete der Luftverflüssigung und -zerlegung geschrieben worden ist, soweit es sich wenigstens um eine zusammenhängende Darstellung und nicht um Einzelaufsätze handelt. Auf dem deutschen Büchermarkt hat etwas annähernd Gleichwertiges gefehlt, eine beschämende Tatsache für die Literatur des Landes, in dem zweifellos die Industrie der tiefsten Temperaturen sowie ihren wissenschaftlichen Grundlagen entstanden sind.

Freilich entspricht die Darstellung des französischen Ingenieurchemikers nicht in allen Punkten dem, was man bei uns von einem fachwissenschaftlichen Werk erwartet, sie ist teilweise sehr populär und beginnt mit den einfachen Gesetzen der Gase und Dämpfe, enthält auch in einigen Kapiteln Mitteilungen über die Eigenschaften der flüssigen Luft, wie man sie bei uns von Wanderrednern hört. Die Kapitel wissenschaftlichen Inhalts sind aber von außerordentlichem Wert.

Das Problem wird, ausgehend von der van der Waalsschen Gleichung, in sehr eleganter Weise behandelt. Auch die historische Darstellung der Entwicklung des ganzen Gebietes ist, wenn auch vielleicht die Arbeiten der französischen Forscher etwas mehr als berechtigt in den Vordergrund gerückt sind, im wesentlichen zutreffend und *Claude* erkennt an, daß die industrielle Ausgestaltung zuerst in Deutschland durchgeführt wurde.

Daß *Claude* sich im wesentlichen auf die van der Waalssche Gleichung stützt, hat wohl seinen Grund darin, daß ihm die bekannten Versuche von *Joule* und *Thomson* über die Drosselabkühlung von Luft keine genügend zuverlässige Grundlage zu sein schienen. Hier wäre nun für den deutschen Herausgeber Gelegenheit gewesen, die inzwischen bekannt gewordenen Versuchsresultate über die Drosselabkühlung von Luft zu verarbeiten; das ist aber leider nicht geschehen.

Anderseits hat sich aber *Kolbe* auch nicht damit begnügt, das Claudesche Buch zu übersetzen, sondern er hat eine große Reihe von Zusätzen, gerade auch in die Artikel theoretischen Inhalts hineingebracht, die zum Teil durchaus nicht auf der wissenschaftlichen Höhe der Claudeschen Abhandlung stehen. Dabei erscheinen diese Zusätze keineswegs immer kenntlich als Arbeiten des Übersetzers, sondern sind meist in den übersetzten Text hinein verarbeitet — eine recht bedenkliche Methode. Denn zweifellos wird *Claude* sich mit den Zusätzen nicht identifizieren, weil sie viele Irrtümer und Unklarheiten enthalten,

die großenteils darauf zurückzuführen sind, daß die Arbeiten anderer Verfasser nicht mit der nötigen Kritik verwertet wurden. Ganz widersprechende Behauptungen sind einfach nebeneinander gestellt, ohne daß ersichtlich ist, was nach Ansicht des Übersetzers nun eigentlich richtig sein soll, ganz im Gegensatz zu allen von *Claude* selbst verfaßten Teilen des Werkes, die sehr bestimmt und oft in recht drastischer und ironischer Form (beispielsweise bei den Auseinandersetzungen gegen *Pictet*) zu den Arbeiten anderer Verfasser Stellung nehmen, ohne den streng wissenschaftlichen Boden zu verlassen.

Es können von den zahlreichen Unklarheiten und Unrichtigkeiten hier nur einige wenige besprochen werden, die aber wohl hinreichen, um zu zeigen, daß die von *Kolbe* hinzugefügten Kapitel nur mit Vorsicht zu lesen sind.

Kolbe fügt ein Kapitel über die Veränderlichkeit der spezifischen Wärme der Luft ein, was an sich sehr richtig ist, denn diese Frage ist für die Verfolgung der Vorgänge in Luftverflüssigungsanlagen, die mit einfacher Entspannung arbeiten, von großer Wichtigkeit. Schon in seinen ersten Veröffentlichungen über den Gegenstand hat *C. Linde* darauf hingewiesen, daß aus der Abhängigkeit des Drosseleffektes von Druck und Temperatur nach den Joule-Thomsonschen Messungen mit absoluter Strenge folgen müsse, daß die spezifische Wärme der Luft mit zunehmendem Drucke wächst und mit steigender Temperatur bei konstantem Druck abnimmt, wenigstens in dem für Luftverflüssigungsanlagen in Betracht kommenden Temperatur- und Druckbereiche. Auch Zahlenwerte hat *C. Linde* bereits angegeben. Die Ableitung der von ihm aufgestellten Gleichung:

$$c_p = c_{p_0}\left(1 - \frac{3\,a\,p}{T^3}\right)^{-\frac{2}{3}}$$

(c_{p_0} = spez. Wärme bei $p = 0$, a eine Konstante) mit den oben erwähnten Folgerungen bringt auch *Kolbe*, fährt dann aber fort: „dieses Ergebnis entspricht in bezug auf die allgemeine Richtung der Veränderlichkeit der spezifischen Wärme in Abhängigkeit von der Temperatur nicht den sonstigen Beobachtungen an anderen Gasen und Dämpfen, insbesondere nicht den neueren Versuchen von *Knoblauch* und *Jakob* mit Wasserdampf.“ Worauf sich diese Behauptung *Kolbes* stützt, ist unerfindlich. Zunächst haben gerade die angezogenen Versuche mit Wasserdampf die für Luft von *Linde* behauptete Abhängigkeit von Druck und Temperatur ergeben, wenigstens in der Nähe der Sättigung. In größerer Entfernung von ihr und bei höheren Temperaturen zeigt sich allerdings wieder ein Anwachsen von c_p mit der Temperatur; das hat aber bekanntlich seinen Grund darin, daß c_{p_0} nicht konstant ist, sondern mit der Temperatur langsam wächst. Bei Luft ist ein solches Anwachsen von c_{p_0} innerhalb des für Luftverflüssigungsanlagen in Betracht kommenden Gebietes ohne Bedeutung, wie die Versuche von *Scheel* und *Heuse* ergeben haben.

Kolbe bringt nun eine ganze Reihe von Berechnungen der spezifischen Wärme (teilweise nach Mewesschen Betrachtungen), die zu ganz unsinnigen Zahlen führen. Am auffallendsten sind die Folgerungen, die er aus einer ganz willkürlich vorgenommenen Vorzeichenänderung des zweiten Gliedes in der Gleichung $c_p = c_{p_0}\left(1 - \frac{\mathrm{d}\,\delta}{\mathrm{d}\,t}\right)$, welche die Grundlage für die oben angegebene Lindesche Gleichung bildet, zieht. Gerade dieser Fall zeigt, wie kritiklos *Kolbe* vorgeht.

Seine Auseinandersetzungen über die Fehlerhaftigkeit der Versuchsanordnungen, die von *Joule* und *Thomson* gewählt wurde, führen ihn zu dem Schluß, daß die Annahme berechtigt sei, „daß der von *Joule-Thomson* gefundene Abkühlungswert von ¼ Grad pro eine Atmosphäre Druckabfall zu gering gemessen ist. Auf Grund anderer später angestellter Versuche beträgt er das Vielfache dieses Wertes.“ Wo und von wem diese Versuche angestellt sein sollen, teilt *Kolbe* nicht mit, es existieren auch keine solchen Versuche, im Gegenteil haben die im Münchener Laboratorium für technische Physik von *Vogel* und *Nöll* mit allen modernen Hilfsmitteln ausgeführten Messungen innerhalb des von *Joule-Thomson* bearbeiteten Gebietes eine vorzügliche Übereinstimmung mit deren Resultaten ergeben, wie dies allgemein bekannt ist.

Wesentlich wertvoller als die Hinzufügungen in dem wissenschaftlichen Teile des Claudeschen Werkes sind diejenigen, welche sich mit praktischen Ausführungen von Anlagen für Luftverflüssigung und Sauerstoff- und Stickstoffherstellung beschäftigen. Auch die Kapitel über die praktische Verwendung von flüssiger Luft zum Sprengen im Bergbau und über die wirtschaftliche Bedeutung des Sauerstoffs, Stickstoffs und Wasserstoffs enthalten Gutes. *R. Linde, München.*

Laue, M. v., Über die Auffindung der Röntgenstrahlinterferenzen. Nobelvortrag, gehalten am 3. Juni 1920 in Stockholm. Karlsruhe, C. F. Müllersche Hofbuchhandlung, 1920. 16 S. Preis M. 2,50.

Der Nobelpreis des Jahres 1914 fiel an *M. v. Laue* als Anerkennung für die hervorragende Forschungsmethode, die seine Entdeckung der Interferenzen der Röntgenstrahlen in Kristallen der Physik beschert hat. In dem Vortrag, den *Laue* bei der kürzlich abgehaltenen Versammlung der im Kriege Preisgekrönten über die Geschichte seiner Entdeckung hielt, schildert er, wie ihm zwar das Problem der Herstellung von Interferenzen aus den vielen Bemühungen der Röntgenstrahlenforscher, hieraus Aufklärung über die Natur der Röntgenstrahlen zu gewinnen, bekannt war, aber wie er sich eigentlich innerlich daran unbeteiligt fühlte. Bis plötzlich, durch eine impulsive Kombination ihm geläufiger Gedankenreihen das Bild des Interferenzvorgangs in Kristallen vor seiner physikalischen Erkenntnis fertig dastand, so von innerer Anschaulichkeit getragen, wie es erforderlich ist, wenn die ersten Schwierigkeiten der experimentellen Verwirklichung überwunden werden sollen.

Der Vortrag schildert in diesem Sinn den Ursprung und die Vorgeschichte der Interferenzen und wird allen denen, die sich für den verwickelten psychologischen Vorgang des Entdeckens interessieren, besonders unterhaltend und lehrreich sein.

Die Nobelpreise sind bisher, wie aus der Begründung bei ihrer Verleihung hervorgeht, für Großtaten gegeben worden, die die *experimentelle* Wissenschaft fördern. Gewiß ist dieser Anspruch bei der Auffindung der Röntgeninterferenzen durch die gemeinsame Arbeit von *Laue, Friedrich* und *Knipping* durchaus erfüllt. Darüber hinaus aber freuen wir uns, daß diese Ehrung einem Mann zugesprochen worden ist, dessen stets auf fundamentale Fragen gerichtete Problemstellung und dessen Beherrschung der gedanklichen Methodik auch der *theoretischen Spekulation* die größten Dienste erwiesen hatte.

P. P. Ewald, München.

Wislicenus, W. F., Astrophysik, Die Beschaffenheit der Himmelskörper. Neubearbeitet von *H. Ludendorff.* Vierte Auflage. Sammlung Goeschen. Ber-

lin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, Walter de Gruyter & Co., 1920. 136 S. und 14 Abbild. Preis M. 2,10 und 100% Teuerungszuschlag.

Die zahlreichen alten Freunde des schon in seinen früheren Auflagen beliebten Bändchens werden seine Neuerscheinung mit Freuden begrüßen, da die seit der letzten Ausgabe verflossenen Jahre in der Astrophysik bedeutende Fortschritte gebracht haben. Die vorliegende sorgfältige und gründliche Umarbeitung aus berufener Feder wird nicht verfehlen, den alten Freundeskreis des Bändchens zu vergrößern. Es ist eine schwierige und kühne Aufgabe, das ganze umfangreiche und dem Laien fernliegende Gebiet der Astrophysik auf so kleinem Raume gemeinverständlich darzustellen. Nur der Fachmann wird recht würdigen können, welche Mühe darauf verwendet werden muß und welche Leistung darin liegt, aus den unzähligen Einzelergebnissen von Beobachtungen und Theorien die wichtigen Kernpunkte herauszufinden und diese dem Laien in zusammenhängender flüssiger Darstellung klar zu machen. Der Stoff ist in fünf Kapitel eingeteilt: 1. Die Sonne. 2. Der Mond. 3. Die Planeten und ihre Trabanten. 4. Die Kometen und Meteore. 5. Die Fixsterne und Nebelflecken. Während die ersten Kapitel gegenüber der letzten Auflage nur wenig geändert sind, mußte das letzte Kapitel vollständig neu bearbeitet werden, um den heutigen Ergebnissen der wissenschaftlichen Erforschung des Fixsternsystems zu entsprechen. Wir finden hier die neuesten Ergebnisse über die Spektralklassen der Sterne, die Teilung der Sterne in „Riesen" und „Zwerge" und die daran anknüpfende Theorie über den Entwicklungsgang der Sterne besprochen. In dem Abschnitt über veränderliche und neue Sterne sind neben kurzer Beschreibung der Beobachtungserscheinungen die nach dem heutigen Stande besten und am weitesten anerkannten Erklärungsversuche und Theorien knapp geschildert.

Ganz besonders verdient aber an dem Bändchen der ausgezeichnete Stil, in dem es durchweg geschrieben ist, hervorgehoben zu werden. Es ist ein Genuß, in dem Büchlein zu lesen. Ein gebildeter Laie wird gewiß keine Schwierigkeiten finden, über die er holpern könnte. Spielend wird er von Seite zu Seite durch den oft schweren und spröden Stoff geführt.

Wenn ein Vorschlag für eine spätere Neuherausgabe gestattet ist, so möchte ich zur Erwägung anheimstellen, ob nicht das Bändchen künftig in zwei geteilt werden könnte. Manche jetzt etwas allzusehr zusammengedrängten Abschnitte, wie z. B. der über Nebelflecke und Sternhaufen, könnten dann eine Erweiterung erfahren, die sicher vielen Lesern willkommen sein wird. Das Gebiet der Astrophysik wird nunmehr, selbst bei knappester Darstellung, für ein Bändchen zu umfangreich, und eine Teilung in Astrophysik des Sonnensystemes und Astrophysik des Fixsternsystemes ist sachlich sehr gut möglich.

A. Kohlschütter, Potsdam.

Astronomische Mitteilungen.

Nova Cygni. Während die Nova Aquilae von 1918 noch in der Abnahme ihrer Helligkeit sich befindet, ist schon wieder eine helle Nova, diesmal im Cygnus ($19^h 56^m.5, +53°24'$, scheinbarer Ort), aufgetaucht. Dieses in früheren Zeiten so seltene Ereignis scheint jetzt zu einem fast alltäglichen zu werden, besonders nachdem neuerdings in den Spiralnebeln die neuen Sterne gleich dutzendweise entdeckt werden. Gleichwie man heute die gewöhnliche Veränderlichkeit nicht mehr als eine Anomalie in der Sternentwicklung betrachtet, so wird man sich vielleicht auch daran gewöhnen müssen, den gewaltigen Lichtausbruch eines Sternes, der zu dem Phänomen einer Nova Anlaß gibt, als eine normale Erscheinung im Entwicklungsgang der Sterne anzusehen. Allein an helleren Neuen Sternen erschienen in den letzten drei Jahrzehnten die Nova Aurigae (1891), die Nova Sagittarii (1898), die Nova Persei (1901), die Nova Lacertae (1910), die Nova Geminorum (1912), die Nova Aquilae (1918); die Zahl der schwächeren Novae in demselben Zeitraum ist um das Mehrfache größer. Berücksichtigt man, daß zweifellos manche schwächere Nova der Aufmerksamkeit der Astronomen entgeht, so wird man wahrscheinlich nicht übertreiben, wenn man die Zahl der in der Milchstraße aufleuchtenden Neuen Sterne, die im Maximum mindestens die 10. Größe erreichen, auf durchschnittlich zwei im Jahr schätzt.

Die Nova Cygni wurde spätestens[1]) am 20. August durch *Denning* als Stern 3. Größe entdeckt. Sie ist aber bereits auf einer von *Tamm* in Kvistaberg erhaltenen photographischen Aufnahme vom 16. August als Stern 7. Größe vorhanden. Ihre Helligkeit nahm noch langsam zu und erreichte ihr Maximum mit etwa $1^m.9$ am 24. August. Dann begann die Abnahme; gegenwärtig (2. Sept.) ist die Helligkeit bereits unter die 4. Größe gesunken. In Heidelberg sind schöne Aufnahmen der Gegend der Nova von *Wolf* aus früherer Zeit vorhanden, deren Untersuchung voraussichtlich über die Vorgeschichte des Sternes interessante Aufschlüsse liefern wird. Aber auch jetzt schon erkennt man, daß der Aufstieg der Helligkeit weit langsamer als etwa bei der Nova Aquilae oder der Nova Persei von statten ging. Der Fall erinnert darin etwas an den der Nova Aurigae, die am 10. Dezember 1891 $5^m.4$ war und erst um den 20. herum ihr Maximum mit $4^m.4$ erreichte. Die Nova Cygni kann vor dem Ausbruch höchstens 16. Größe gewesen sein.

Auch das Spektrum, obwohl im großen ganzen den normalen Novatypus aufweisend, hat sich bisher etwas abweichend von dem der Nova Aquilae verhalten. Es verharrte zuerst auffallend lange in dem vormaximalen Zustande, der durch große Intensität des kontinuierlichen Untergrundes und dem Vorhandensein eines wesentlich aus Funkenlinien und ungewöhnlich scharfen Wasserstofflinien bestehenden Absorptionsspektrums vom Spektraltypus A bis F (I bis I—II), Maurysche Serie c, gekennzeichnet ist, um dann sehr schnell in das nächste Entwicklungsstadium überzugehen, das dem späteren eigentlichen Nebelstadium vorangeht. Das Spektrum besteht jetzt hauptsächlich aus kräftigen Wasserstoffemissionen ($H\alpha$, $H\beta$, ...) und einer Reihe heller und dunkler Bänder, während der kontinuierliche Untergrund bereits stark zurücktritt. Die hellen Wasserstofflinien waren zwar mindestens schon am 25. August vorhanden, aber anfangs noch wenig auffallend. Die charakteristische Verschiebung des Absorptionsspektrums nach dem Violett gegenüber dem Emissionsspektrum war weniger beträchtlich als bei der Nova Aquilae. *Guthnick.*

[1]) Ein ausführlicher Entdeckungsbericht liegt noch nicht vor.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W. 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 41. (Seite 799—814) **8. Oktober 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Über Seebälle. Von *Bruno Schröder, Breslau.* S. 799.

Über die Entwickelung der artlich verschiedenen Vogellieder. Von *Fritz Braun, Deutsch-Eylau.* S. 804.

Die Geologie von Neuseeland. Von *Otto Wilckens, Bonn.* (Mit 1 Abbildung.) S. 808.

Besprechungen:

Heim, Alb., Geologie der Schweiz. Von *J. Früh, Zürich.* S. 810.

Penck, Walter, Grundzüge der Geologie des Bosporus. Von *O. Welter, Bonn.* S. 811.

Silberstein, L., Report on the Quantum theory of spectra. Von *F. Reiche, Berlin.* S. 811.

Freundlich, Erwin, Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie. 4. Auflage. Selbstanzeige. S. 812.

Zuschriften an die Herausgeber:

Entgegnung auf Herrn Smekals zusätzliche Bemerkungen zu seiner Notiz: Spezielle Relativitätstheorie und Probleme des Atomkerns. Von *W. Lenz, München.* S. 812.

Die hochlegierten Chromnickelstahle als nichtrostende Stahle. Von *B. Strauß, Essen.* (Mit 3 Abbildungen.) S. 812.

Astronomische Mitteilungen. S. 814.

Jährliche Refraktion und Lichtablenkung in der Nähe der Sonne.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie

Von

Erwin Freundlich

Mit einem Vorwort von **Albert Einstein**

Vierte, erweiterte und verbesserte Auflage

Preis M. 10.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztewelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.
Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G.m.b.H. & Cie., CÖLN a. Rh.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Werkzeugstähle und ihre Wärmebehandlung.
Berechtigte deutsche Bearbeitung der Schrift: „The heat treatment of tool steel" von Harry Brearley, (Sheffield), von Dr.-Ing. Rudolf Schäfer. Zweite, durchgearbeitete Auflage. Mit 212 Abbildungen.
Gebunden Preis M. 16.— (und Teuerungszuschläge)

Die Schneidstähle. Ihre Mechanik, Konstruktion und Herstellung. Von Dipl.-Ing. Eugen Simon. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 545 Textfiguren.
Preis M. 6.— (und Teuerungszuschläge)

Lagermetalle und ihre technologische Bewertung.
Ein Hand- und Hilfsbuch für den Betriebs-, Konstruktions- und Materialprüfungsingenieur. Von Oberingenieur J. Czochralski und Dr.-Ing. G. Welter. Mit 130 Textabbildungen.
Preis M. 9.—; gebunden M. 12.—

Die Verfestigung der Metalle durch mechanische Beanspruchung. Die bestehenden Hypothesen und ihre Diskussion. Von Professor Dr. H. W. Fraenkel, Privatdozent an der Universität Frankfurt a. M. Mit 9 Textfiguren und 2 Tafeln.
Preis M. 6.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. **8. Oktober 1920.** **Heft 41.**

Über Seebälle.

Von Bruno Schröder, Breslau.

Am 30. Juli 1919 fand ich im Pansdorfer See westlich von Liegnitz *Aegagropila Sauteri* (Nees) Kütz., welche dort braungrün gefärbte, wallnuß- bis hühnereigroße, sphärische oder ellipsoidische Ballen bildete, die man als sogenannte *Seebälle* bezeichnet hat. Aus den anderen Seen um Liegnitz oder aus sonstigen Seen Schlesiens sind derartige Gebilde bisher nicht bekannt geworden. Diese in mancherlei Beziehung merkwürdige Neuerwerbung für die schlesische Algenflora war die Veranlassung, mich etwas näher mit Seebällen überhaupt zu beschäftigen.

Unter Seebällen versteht man nämlich im allgemeinen makroskopisch sichtbare, freiliegende oder freischwimmende rundliche Gebilde, die man in der Grund- und Uferregion unserer Seen oder an den Küsten und auf flachem Grunde des Meeres findet. Wenn man aber von der Größe der Seebälle absieht, kann man noch weitergehend ganz gut auch solche kugelige, koloniebildende, meist mikroskopisch kleine Organismen dazu rechnen, die fernab vom Strande draußen im offenen Wasser oder auf der Hochsee als Plankton treibend leben.

Man hat diese Seebälle auch *Seeknödel, Faserbälle, Wasserkugeln* oder *pilae stagnales* benannt. Französisch heißen sie *pelotes marines*[1]), holländisch *Zeeballen,* und der italienische Fischer am Lago maggiore nennt sie *motolini*[2]). Da ähnliche Bildungen, wie schon erwähnt, auch im Meere vorkommen, werden sie auch als *Meerballen, Meerbälle, Meerpillen* oder *pilae* (auch *pili*) *marinae, sphaerae marinae, globuli marinae, sphaerae thalassiae, Rhopalosis pappodes, Bezoarsteine* oder als *Aegagropilae* (auch *Aegagropili*) bezeichnet und als solche in alten Pharmakopöen[3]) noch im Sinne der Signaturenlehre oder wegen ihres Jodgehaltes als Heilmittel „wider die Kröpffe" aufgeführt, ebenso wie ihnen „eine austrocknende Krafft vornehmlich in den Krankheiten der Haut zugeschrieben" wird. Sie wurden meist aus dem Mittelmeer über Venedig in verschiedener Größe zu uns gebracht. Die besten mußten schön leicht und trocken sein[4]).

Die Kenntnis von den Seebällen ist überhaupt älter als man vermuten sollte[5]), haben doch bereits die maurischen Gelehrten bei ihrem gesteigerten Interesse an Pflanzendrogen auch schon die pilae marinae gekannt, wie aus Angaben um 1216 bei dem Andalusier *Abul Abbas* aus Sevilla mit dem Beinamen *Annabâtî,* d. h. dem Pflanzenkundigen, in seinem Werke *Kitab ar-rihlat* (Buch der Reise) hervorgeht, von dem nur einzelne Zitate bei dem bedeutendsten Pharmokognosten der Araber *Ibn el Baithar* in dessen Buch *Kitab al-Dschamie al-Kabir* oder Große Zusammenstellung über die Kräfte der bekannten einfachen Heil- und Nahrungsmittel[6]) erhalten geblieben sind. Dort werden die Seebälle als *okr elbahr* bezeichnet und ihre Verwendungen in der Zahnheilkunde hervorgehoben. Weiteres über die Geschichte der Seebälle ist bei *Zedler* (l. c.) nachzulesen[7]).

Heut wissen wir, daß an der Bildung der Seebälle sowohl Pflanzen wie Tiere beteiligt sind. Es lassen sich dabei *unechte* und *echte* Seebälle unterscheiden. Die ersteren sind keine lebenden Einheiten, sondern eigentlich mechanisch abgerollte Kunstprodukte. Ihre Grundelemente sind nicht strahlig angeordnet, sondern sie bilden ein unregelmäßiges, konzentrisch gelagertes Gewirr wie die Fäden eines durchschnittenen Zwirnknäuels. Sie haben auch kein vegetatives Wachstum und werden nur durch das Spiel der Wellen geformt, wenn Wasser beständig über flachen sandigen oder schlammigen Grund flutet und dabei eine rotierende Bewegung hervorruft.

Nach einer mündlichen Mitteilung, die ich nebst anderen über Seebälle Herrn *Dr. A. Lingelsheim* in Breslau verdanke, fand dieser an der Ostseeküste bei Warnemünde solche unechte Meer-

[1]) *Weddel, H. A.,* Sur les Aegagropiles du mer, in: Actes du Congrès intern. d. Botanique tenue à Amsterdam au 1877, S. 58—62, und *Sauvageau, M. C.,* A propos d'une note de *M. William Russel,* intitulée: Transformation des cônes des Pins sous l'influence des vagues, in: Journ. de Botanique, Tome VII, S. 34—36 u. ders., A propos d'une nouvelle note sur les pelotes marines par *M. William Russel,* ebenda S. 95 u. 96, Paris 1893.

[2]) *Brand, F.,* Die *Cladophora*-Aegagropilen des Süßwassers in: Hedwigia, Bd. *XII,* Dresden 1902.

[3]) *Geiger, L.,* Handbuch der Pharmazie, Heidelberg 1843, ebenso: *Rosenthal, A.,* System. Übersicht der Heil-, Nutz- und Giftpflanzen, Erlangen 1862 u. *Wittstein, G. C.,* Handwörterbuch der Pharmakognosie des Pflanzenreiches, in: Encyklopädie d. Naturwissensch. II. Abt., II. Teil, S. 528, Breslau 1882.

[4]) *Zedler, Joh. Heinr.,* Großes vollständiges Universal-Lexikon aller Wissenschaften und Künste, Bd. *20,* S. 166—167, Halle u. Leipzig, 1731 u. ff.

[5]) Sehr dankenswerte historische Daten über Seebälle hatte Herr Professor *A. Tschirch* in Bern die Güte, mir mitzuteilen. Siehe auch dessen Handbuch der Pharmakognosie Bd. *1,* Abt. II, S. 608—609. Leipzig 1910.

[6]) Aus dem Arabischen übersetzt von *J. v. Sontheimer.* Stuttgart 1840.

[7]) Ebenso auch bei *Velschii, Georgii, Hieronymi* Hecatosteae I, S. 29 u. 30, August. Vindelic. 1675.

bälle, die aus abgerolltem Seetorf gebildet waren, der aus Seegras und Blasentang bestand. Sie waren weniger kugelförmig als ellipsoidisch oder flach kuchenförmig, und ihre Ähnlichkeit mit Pferdeäpfeln war frappant. Ähnliche Bildungen beobachtete man auch an der ostfriesischen Küste der Nordsee, ebenso solche von *Posidonia oceanica* (*P. caulini*) an den Gestaden des Mittelmeeres[8]) und von *P. australis* an der Ostküste von Afrika und von der Küste Australiens[9]).

Gerade die Seebälle von *Posidonia* sind von den unechten wohl die häufigsten, die an flachen Stellen wärmerer Meere gefunden werden. Sie entstehen meist aus alten, abgestorbenen Rhizomen dieser Pflanze, die durch die Brandung in ihren äußeren Teilen, mit denen sie an Sand und Gestein stoßen, zerfasert werden, so daß man oft bei ihrem Durchschneiden innen noch ganze Rhizomteile findet. Sie sind gewöhnlich länglichrund, von der Größe eines Hühnereis und hellbraun gefärbt. Manchmal sieht man an den Ufern von größeren stehenden Binnengewässern unechte Seebälle aus abgestorbenen Wurzelstöcken, Binsenstengeln und Grasblättern, die durch bewegtes Wasser zu kugeligen Klumpen bis zu Kopfgröße verfilzt sind. Nach *Eichler*[10]) kamen in einer Bucht des Silser Sees in Graubünden ebenso große Seebälle aus dicht und festverflochtenen Lärchennadeln in Menge vor, wie sie auch *Masters* aus Seen in England bemerkte[11]). Mitunter werden an den Ufern unserer Seen auch lebende Fäden von *Cladophora fracta* durch die Wasserwellen zu knäuelartigen Ballen geformt, gerade so, wie diejenigen, die *Welwitsch* von *Chaetomorpha crassa (Ag.) Kütz. forma aegagropila* (Welw.) Lagerh. an der Küste von Portugal zahlreich vom Meere ausgeworfen fand. Sie hatten nach *Lagerheim* 4 cm im Durchmesser und waren dunkelgrün. Ihre Fäden zeigten sich aber auch nicht radiär angeordnet, sondern waren „nach allen Richtungen hin gebogen" und dicht verfilzt.

Die *echten* Seebälle charakterisieren sich durch Größenzunahme infolge vegetativen Wachstums aus inneren Kräften der Organismen; immerhin kommt auch bei ihnen das bewegte und bewegende Wasser als gestaltenbildender Faktor noch in Betracht. Sie weisen deshalb ebenfalls eine sphäroidale oder ellipsoidische Gestalt ihres Körpers auf, der meist aus einer Anzahl von Einzelindividuen, seltener aus einem einzigen Individuum von radiärem Wachstum besteht. Ihre Grundelemente sind im ersteren Falle stets strahlig angeordnet. Bei den echten Seebällen haben wir es mit einer ganzen Reihe von interessanten *Konvergenzerscheinungen*, hervorgerufen durch die Einwirkung des bewegten Wassers, zu tun, die besonders bei den verschiedensten Abteilungen von Algen, mitunter aber auch bei niederen Tieren, auftreten. Man kann bei den echten Seebällen von solchen im engeren und solchen im weiteren Sinne sprechen.

Zu den *echten Seebällen im engeren Sinne* zählt man besonders diejenigen, die von der Algengattung *Aegagropila* Kütz. herrühren. Der erste, der von diesen ballenartigen Algenbildungen sichere Kunde gibt, dürfte *Olav Worm*[12]) sein. Später führte *Linné* in einer 1763 erschienenen Ausgabe seiner *Species plantarum* (Bd. II, Seite 1637) eine solche Alge aus dem Brakwasser der Ostsee an: *Conferva Aegagropila*. Den Gattungsnamen entlehnte er *Plinius*, der ihn für fädige Wasserpflanzen angewendet hatte, die gebrochene Knochen verheilen helfen sollten, denn *Conferva* ist abgeleitet von dem lateinischen *confervere*, das zusammenheilen bedeutet. Beim Artnamen *Aegagropila* dachte *Linné* an jene Ballen, die in den Eingeweiden der in Vorderasien und Griechenland lebenden Bezoarziege (*Capra aegagrus*) vorkommen und aus rundlichen, aus Pflanzenfasern und Tierhaaren zusammengesetzten, kompakten Massen von 2—10 cm Durchmesser bestehen und gewöhnlich Bezoarsteine heißen. Übrigens kommen derartige Bildungen nicht bloß bei Ziegen, sondern auch bei anderen Wiederkäuern, z. B. Gemsen, Hirschen und Kamelen, vor, und namentlich diejenigen von letzteren Tieren haben oft ein Aussehen, das sie unechten Seebällen von *Posidonia* nach Größe, Gestalt und Farbe täuschend ähnlich macht, wie ich mich an solchen Erzeugnissen von Kamelen aus der nördlichen Sahara und an Seebällen von *Posidonia* aus dem Golfe von Neapel (Cap Misen) und aus Ostafrika selbst überzeugen konnte. *Linné* hatte also den Artnamen *Aegagropila* sehr geschickt gewählt, und *Kützing*[13]) erhob ihn zum Gattungsnamen für ballenbildende Cladophoren, dem auch *Kjellmann* beipflichtete[14]).

Der Thallus von *Aegagropila* bildet meist kugelige, seltener auch scheiben- oder kuchenförmige Ballen von der Größe einer Erbse bis zu der einer mittleren Kegelkugel. Flache Formen werden biskuitgroß. Entweder sind die Ballen massiv gebaut oder in älteren Zuständen innen hohl, wobei sie dann in ihrem Inneren Wasser, Feinsand, Schlamm und Reste von zersetzten Algenfäden enthalten. Diese Ballen und Scheiben liegen meist frei auf dem Grunde stehender Gewässer und sind auch mehr oder weniger mit Schlamm überzogen. Dadurch wird der Auftrieb der trotz ihres geringen Lichtgenusses stark assimilierenden

[8]) *Göppert, H. R.*, Über die sogenannten Meerbälle, in: 60. Jahresber. d. Schles. Gesellsch. f. vaterl. Kultur v. 1882, S. 141, Breslau 1883.

[9]) *Ascherson, P.* u. *Gräbner, P.*, Synopsis der mitteleuropäischen Flora, Bd. *I*, S. 301, Berlin 1897.

[10]) *Lagerheim, G. de*, Über Aegagropilen, in: La nuova Notarisia, Serie III, S. 94, Padua 1892.

[11]) *Weddel*, l. c. S. 92.

[12]) *Wormius, O.*, Museum Wormianum, Lib. II, Cap. II, pag. 139, Lugduni-Batavorum 1555.

[13]) *Kützing, F. T.*, Phycologia germanica, S. 219, Nordhausen 1845.

[14]) *Kjellmann, F. R.*, Zur Organographie und Systematik der Aegagropilen, in: Nova acta reg. soc. scientiarum upsaliensis Ser. tert., Vol. *XVII*, Fasc. 1, S. 23, Upsala 1908.

Gebilde aufgehoben. Die freiliegenden Ballen und Scheiben von *Aegagropila* bestehen aus sehr dicht verfilzten, mehr oder weniger radial angeordneten Fäden, die von verzweigten, heterocladischen Zellreihen gebildet werden. Diese stellen indessen nicht Teile eines streng organischen Ganzen dar, sondern sie sind individuelle Einheiten, von denen jede einzelne ihre selbständige Entwickelung hat. Diese Einheiten sind nur zu einem habituellen Ganzen verflochten. Deshalb ist die Angabe von *Rabenhorst*[15]) unrichtig, daß alle Teile aus einem gemeinsamen Punkte entspringen. Die Verzweigungen der Stammfäden sind aufrecht, ziemlich starr und brüchig. Eine Fortpflanzung durch Zoosporen oder Gameten fehlt bei den *Aegagropila*-Arten. Sie vermehren sich rein vegetativ. Mitunter sterben Zellen der Fäden interkalar ab, mitunter auch oben oder unten, aber die zurückbleibenden, lebenden Reststücke können sich nach allen Richtungen hin wieder regenerieren. Sie sind von *Kjellman* als *Basalkörper* bezeichnet worden und bestehen oft nur aus einer oder zwei Zellen. Nicht bei allen *Aegagropila*-Arten sind derartige Basalkörper aufgefunden worden. Sie können wahrscheinlich auch fehlen; wo sie aber auftreten, sind sie als Regenerationsorgane gonidialer Natur gleichsam eine Art Brutknospen oder *Akineten*, aus denen sich Zellfadenreihen als Assimilationskörper und Rhizoiden als wurzelähnliche Triebe bilden, die zum gegenseitigen Aneinanderheften der einzelnen Fäden dienen und das Zusammenhalten der einzelnen Fadenelemente zu einem Ballen oder zu einer Scheibe bedingen. Man könnte daher die Seebälle in gewisser Hinsicht mit den polsterförmig wachsenden Moosen vergleichen, die unten absterben und oben immer weiter wachsen, und daher erklärt sich auch, daß die großen und älteren Seebälle von *Aegagropila* innen oft hohl sind. Derartige Exemplare sind mehrjährige Gewächse, denn man kann beim Durchschneiden derselben in der Mediane deutlich sichtbare konzentrische Schichten in der Beschaffenheit der radiären Fäden unterscheiden, die wahrscheinlich dem jeweiligen Zuwachs eines Jahres entsprechen und als Jahresringe zu betrachten wären[16]). Schließlich fallen solche alten Seebälle auseinander.

Über die Entstehung der Seebälle von *Aegagropila* hat man verschiedene Meinung gehabt. Zuerst suchte man sie auf mechanischem Wege zu erklären. *Lorenz*[17]) hatte im Zellersee etwa 30 bis 50 m vom Ufer weg in der Tiefe von 9—10 m flächenförmige *Aegagropila*-Filze oder -Fladen gefunden, die den Seeboden oft in mehrfachen Lagen bedeckten. Diese Fladen sollten sich anfangs konkav aufranden und dann immer mehr einrollen, bis sie endlich durch die Wasserwellen zu Kugeln zusammengeformt werden. Vorausgesetzt, daß die Wasserwellen in eine Tiefe von 9—10 m in dem genannten See hinabreichen, so würden bei dieser Art des Zusammenrollens die Fadenelemente wie bei den unechten Seebällen unregelmäßig konzentrisch angeordnet sein, und doch zeigen sie bei *Aegagropila* eine radiäre Anordnung.

Aus dem Grunde griff man zu einer biologischen Erklärung, indem man annahm, daß die Zoosporen dieser Alge radiär auskeimen und die divergierenden Stammteile zu den kugeligen Gebilden heranwachsen. Nun ist es aber bis jetzt noch niemandem gelungen, trotz aller Aufmerksamkeit die Zoosporenbildung bei *Aegagropila* aufzufinden, die bei der verwandten Gattung *Cladophora* schon seit 1850 durch *Thuret* bekannt ist. Zoosporenbildung scheint also der ersteren zu fehlen. Außerdem hat man noch nie in jungen Seebällen eine Spur der vorausgesetzten, aus einer Zoospore entstandenen Zelle gefunden, so daß auch diese Erklärung hinfällig ist. Wie *Brand*[18]) richtig bemerkt, ist zur Erklärung des radiären Baues der *Aegagropila*-Seebälle „die Annahme einer keimenden Spore durchaus entbehrlich", weil jedes losgelöste Thallusstück analog den Basalkörpern *Kjellmans* bei fortwährend mechanischer Umwälzung der Ausgangspunkt mehr oder weniger strahliger Verzweigung werden kann.

Daraufhin neigte *Lorenz*[19]) einer biologisch-mechanischen Auffassung der Entstehung der *Aegagropila*-Bälle zu, die wohl die rechte sein dürfte. Er wies erneut auf die auf dem Grunde des Zeller Sees gefundenen Fladen hin, von denen sich durch Zersetzung einzelner Fadenteile kleine Stämmchen loslösen. In dem ruhigen Wasser der Seetiefe können sie sich beim Weiterwachsen nicht zu Kugeln umbilden, und sie werden wieder zu neuen Fladen. Wenn sie aber durch die Zugnetze der Fischer, in die sie unter Umständen haufenweise geraten, an das Ufer gebracht und dort nur in 1—2 m Tiefe entleert werden, dann erhalten sie durch die rollende Tätigkeit der Wasserwellen infolge allseitiger Beleuchtung bei ihrem Weiterwachstum nach allen Richtungen die eigentliche typische Gestalt radiär gebauter Seebälle. In der Tat werden dieselben meist dort gefunden, wo man die Zugnetze der Fischer ausschüttet, nämlich in flachen Seebuchten mit weichem Grunde.

Wie die genaue mikroskopische Untersuchung der Seebälle aus dem Pansdorfer See ergab und wie mir auch Herr Dr. *F. Brand* in München nach ihm eingesendeten Proben dankenswerterweise bestätigte, wurden dieselben von einer *Aegagropila* gebildet, die den Namen *Ae. Sauteri (Nees) Kütz.*

---

[15]) *Rabenhorst, L.*, Die Algen Deutschlands, S. 113, Leipzig 1847.

[16]) *Wittrock, V.* u. *Nordstedt, O.*, Algae aquae dulcis exsiccatae, Fasc. 1, Nr. 34, Upsala 1877.

[17]) *Lorenz, J. R.*, Die Stratonomie von *Aegagropila Sauteri*, in: Denkschriften der K. Akad. d. Wissensch., Mathem.-naturw. Kl. Bd. *X*, Wien 1855.

[18]) *Brand, F.*, *Cladophora*-Studien, in: Botanisches Centralblatt Bd. *79*, S. 45 i. Sep., Dresden 1899.

[19]) *Lorenz, J. R.*, Ergänzungen zur Bildungsgeschichte der sog. „Seeknödel" (*Aegagropila Sauteri* Kütz.) in: Verhandl. d. k. k. zool.-bot. Gesellschaft in Wien, Jahrg. 1901, Bd. *LI*, S. 364 u. 365, Wien 1901.

führt. Diese Algenart wurde nämlich am Anfang des vorigen Jahrhunderts vom Sanitätsrat Dr. *A. Sauter* aus Salzburg im Zeller See[20]) bei Kitzbühel im Pinzgau entdeckt. Außerdem ist *Ae. Sauteri* noch in Seen von Oberitalien, Tirol, Steiermark und Kärnten aufgefunden worden, ebenso in solchen von Mecklenburg, Dänemark, Schweden, Rußland und England. Da sie in Deutschland zuletzt 1859 von dem Chemiker *Bauer* auch aus dem Stienitzsee bei Rüdersdorf in Brandenburg nachgewiesen wurde, so stellt der neue Fundort aus Schlesien ein weiteres Bindeglied zwischen Nord und Süd her.

Neben *Aegagropila Sauteri* (incl. *Ae. Daldini* Ces. et de Not.) gibt es noch andere Arten dieser Gattung. Sehr kleine und zierliche, erbsengroße Ballen bildet dagegen *Ae. Linnaei* Kütz., die in verschiedenen Seen Nordeuropas und wie *Ae. Martensi* Menegh. in Oberitalien vorkommt. *Ae. holsatica* Kütz. soll die ursprüngliche *Conferva Aegagropila* Linnés sein. Sie erreicht Kirschgröße und ist besonders in Schweden und Holstein gefunden worden. Flache, scheibenartige Kuchen weist *Ae. canescens* Kjellm. auf, die im Mälarsee entdeckt wurde. *Ae. muscoides* Menegh. wurde in Holland, bei Prenzlau und in Böhmen konstatiert und ihre Varietät *armeniaca* Wittr. in den Hochseen des Kaukasus. Aus den Tropen kennt man *Ae. Leprieuri* Kütz. aus Seen von Cayenne in Südamerika. Auch die großen nordamerikanischen Seen beherbergen *Aegagropila*-Arten, dagegen sind solche aus Süßwasserbecken von Zentralasien, Afrika und Australien noch nicht angegeben worden. Noch bedeutender ist die Zahl der marinen Aegagropilen. *Kützing*[21]) führt nicht weniger als 22 Arten auf, die sich aber bei genauerer Untersuchung ebensowenig wie die des Süßwassers alle werden halten lassen. Sie sind über die bekannteren Meeresteile der heißen und der gemäßigten Zone weit verbreitet.

Die Bildung von *Seebällen im weiteren Sinne* ist auch bei anderen *Grünalgen* bekannt geworden, so bei *Spongomorpha Hystrix* Strömf. von den Küsten von Grönland, Island und Norwegen, ebenso von *Sp. arcta Kütz.* u. a. Am häufigsten findet man sie bei *Valonia utriculosa Ag. forma aegagropila*, die z. B. am Lido von Venedig massenhaft in Ballen von 3—10 cm Durchmesser lose herumliegt, während die Art auf Steinen, Muschelschalen und an am Meeresgrunde festgewachsenen anderen Algen aufsitzt. Der Thallus der Ballenform besteht aus längeren oder kürzeren, blasigen Schläuchen von grüner Farbe, die wieder Tochterschläuche tragen.

Unter den *Phaeophyceen* bildet *Sphacelaria cirrhosa (Roth) Ag. forma aegagropila Ag.* kugelrunde, frei umherrollende Ballen von 1—4 cm Durchmesser, die an der Ostküste von Gotland, in einer seichten, mit allmählich abfallendem Sandboden bedeckten Bucht von Sandhamn von *Wittrock*[22]) gefunden wurden, der an älteren Exemplaren von ihnen auch das Vorkommen von Jahresringen feststellen konnte.

Bei den *Rhodophyceen* ist zuerst eine *Forma aegagropila* von *Fastigiaria furcellata* (L.) Stackh. durch *Reinbold*[23]) in der Kieler Föhrde beobachtet worden, wo sie „in dichten Ballen auf dem Meeresboden" liegt; dagegen sitzt die Art als dunkel- oder schwärzlichrotes Büschel mittels Wurzelfäden in der litoralen und sublitoralen Region auf verschiedenen Substraten fest.

Ähnlich verhält es sich mit *Rythiphloea tinctoria* (Clem.) Ag., einer Rotalge des Meeres, die als festsitzende Art purpurbräunliche Polster auf Steinen bildet, deren Hauptzweige in regelmäßig abwechselnde, gefiederte Äste ausgehen. Auch sie bildet, vom Substrat losgerissen, eine freiliegende Ballenform, bei der die äußeren Äste entweder zu Stummeln abgerieben oder sich in dichte Büschel umgewandelt haben, die eine abnorm reiche Weiterverästelung zeigen, so daß sie sich eng aneinander legen und verfilzen. Nie sind Fortpflanzungsorgane an ihnen aufzufinden.

Wenn Teile von diesen festgewachsenen Algen von ihrer Unterlage, auf der sie für gewöhnlich sitzen, abgerissen werden und in bewegtes Wasser kommen, so sterben sie nicht ab, sondern können in diesem Zustande noch lange weiterleben. Dabei unterliegen sie, wie schon angedeutet, weitgehenden morphologischen und physiologischen Veränderungen: 1. durch die fortschreitende Bewegung infolge des Wellenschlages und der Strömungen, 2. durch die Reibung am Meeresgrunde und an ihresgleichen, 3. durch die fortwährend wechselnde Lage ihres Thallus und 4. durch die ebenfalls fortwährend wechselnde Beleuchtung. Das Resultat dieser vier Faktoren ist die sphäroidale oder ellipsoidische Gestalt ihres Thallus. Diese Form ist für das bewegte Leben auf dem Grunde der Gewässer sehr geeignet. Die so veränderten Algen haben sich auf die Wanderschaft begeben und sind zu Wander- oder Migrationsformen[24]) geworden, die nun „losgelöst und frei, erfahren, was das Leben sei," und dann ganz wo anders leben, als da, wo sie ursprünglich entstanden sind. Auf Grund von Kulturversuchen hat *Schiller* gefunden, daß diese Wanderformen sehr geringe Ansprüche in bezug auf die Beleuchtung und auf die Qualität

[20]) *Rabenhorst* gibt in seiner *Flora europaea algarum* Bd. *III*, S. 344 und in seinen Exsiccatenwerken irrtümlicherweise diesen See als „Ziller See" an, was auch leider in *J. B. de Tonis, Sylloge algarum*, Bd. *1*, S. 342 (Padova 1889) übergegangen ist.

[21]) *Kützing, F. T.*, Species algarum, S. 414—417, Lipsiae 1849.

[22]) *Wittrock, V. B.*, Über Sphacelaria cirrhosa (Roth) Ag. β aegagropila Ag. in: Bot. Centralblatt Bd. *XVIII*, Nr. 22. Cassel 1884.

[23]) *Reinbold, Th.*, Die Rhodophyceen (Florideen) [Rottange] der Kieler Föhrde, in: Schriften d. naturw. Ver. f. Schleswig-Holstein Bd. *IX*, S. 125, Kiel 1891.

[24]) *Schiller, J.*, Über Algentransport und Migrationsformationen im Meere, in: Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie u. Hydrographie Bd. *II*, S. 75—95, Leipzig 1909.

des Wassers stellen. Sie sind euryphot, eurytherm und euryhalin geworden. Jedoch haben sie sich diese Eigenschaften erst sekundär auf ihrem Wanderleben erworben. Ihre Stammeltern sind wesentlich empfindlicher und anspruchsvoller.

Wenn nun die genannten marinen *Aegagropilen* nur Migrationsformen von festsitzenden Arten sind, so liegt auch für diejenigen des Süßwassers die Wahrscheinlichkeit nahe, daß bei ihnen dasselbe der Fall ist, und bereits *Lorenz* hat vermutet, daß z. B. *Ae. Sauteri* in nahen Beziehungen zu *Cladophora glomerta* steht, die ich übrigens in demselben Pansdorfer See an Steinen und Pfählen festgewachsen vorfand, in dem auch das Vorkommen von *Ae. Sauteri* nachgewiesen wurde. Dann würde es allerdings um die Selbständigkeit der Gattung *Aegagropila* Kütz. schlimm bestellt sein.

Auch bei gewissen Kalkalgen des Meeres kann man Ballenbildung wahrnehmen, z. B. bei *Lithothamnium fasciculatum* (Lam.) Aresch., das sowohl festgewachsen, als in losen, nuß- bis faustgroßen, kugeligen, korallenartig verästelten Kalkknollen von blaßrötlicher Farbe auf tieferem Meeresgrunde vorkommt.

Die Entstehung freischwimmender Ballen kommt auch bei *Cyanophyceen* vor, so beispielsweise bei *Tolypothrix lanata* Kütz. *forma aegagropila,* die auf stehenden Gewässern hin und wieder gefunden wird. Bei ihr sitzt die Art an Wasserpflanzen in spangrünen oder olivfarbenen Rasen oder Schöpfchen fest, dagegen bildet die freischwimmende Form rundliche Seebälle von 3 cm Durchmesser. *Nostoc pruniforme* Ag. schwimmt als dunkelblaues, pflaumen- bis hühnereigroßes Gallertellipsoid auf größeren Seen über die ganze Erde verbreitet umher. Seine perlschnurartigen Zellreihen strahlen vom Zentrum des Thallus aus, wobei sie locker miteinander verflochten sind.

Sehr kleine, blaugrüne, ½—1½ mm messende, kugelige Bällchen, die zu Millionen größere stehende Gewässer der nördlichen Halbkugel bewohnen und eigentümliche Verfärbungen ihres Wassers, sogen. *Wasserblüten* hervorrufen, rühren von *Rivularia echinulata (Engl. Bot.) Richter* her. Auch bei ihr verlaufen alle Fäden, die peitschenartig aussehen und an dem dünnen Ende in ein feines Haar auslaufen, radial.

Mit der eben genannten Alge sind wir an der Grenze der Sichtbarkeit der Seebälle für das menschliche Auge angelangt. Nun wären noch einige mikroskopische Algen kurz zu erwähnen und zwar solche, die als Gallertkugeln auftreten, in denen die eigentlichen koloniebildenden Zellen ihres Thallus in radiärer Anordnung liegen. Es ist dies unter den blaugrünen Algen, z. B. bei *Coelosphaerium Nägelianum Unger,* der Fall und unter den grünen *Flagellaten* bei *Volvox* und seinen Verwandten, wie *Pandorina* und *Eudorina,* sowie unter den *Chrysomonadinen* bei *Syncrypta volvox* Ehrb., *Synura uvella* Ehrb. und *Chrysosphaerella longispina* Lauterborn.

Endlich wäre noch der durch tierische Organismen hervorgerufenen Seebälle zu gedenken. Wir müssen dabei auf die unterste Stufe tierischen Lebens hinabsteigen zu denjenigen, die einen radiär gebauten Körper haben, da die höheren Tiere alle zweitigsymmetrisch sind. Schon unter den zu den *Urtieren* oder *Protozoen* gehörigen marinen *Wurzelfüßern* gibt es eine Gruppe von koloniebildenden *Radiolarien,* die als Sphärozoen bezeichnet werden, bei denen zahlreiche Zentralkapseln in einer gemeinsamen Gallerte liegen und durch extracapsuläres Protoplasma verbunden sind. Ihre Weichteile enthalten bei *Sphaerozoum punctatum* Huxley ein Skelett aus losen Kieselnadeln oder bei *Collosphaera Huxleyi* J. Müll. eine Gitterschale von Kieselsubstanz. Man findet ihre prächtigen, kugeligen Kolonien, die bei letzteren fast 4 mm Durchmesser erreichen, in allen wärmeren Meeren, wo sie als Plankton die Hochsee bewohnen. Aber auch in unsern Süßwasserteichen und Seen lebt ein Tier, das zu den *Infusorien* gehört und als grüne, oft faustgroße Gallertkugel eine Art Seeball darstellt. Es ist *Ophrydium versatile Ehrbg.,* bei dem eine Kolonie von radiär angeordneten Einzeltieren an der Oberfläche eines vielfach freischwimmenden, glashellen Gallertballens sitzt, die sich in becherförmige Vertiefungen desselben zurückziehen können. Die grüne Farbe des Tieres rührt, nebenbei bemerkt, von grüngefärbten Algen, sogenannten *Zoochlorellen,* her, die sich zu einer Symbiose mit ihm vereinigt haben.

Seeballähnliche Bildungen kommen auch unter den *Schwämmen* vor. Ich sammelte am Nordstrande von Daressalam eine Spongie aus der Gruppe der Tetraxonia, die zu etwas flachgedrückten, rundlichen Bällen von der Größe eines Pfannkuchens herangewachsen war. Herr Prof. *Hentschel* in Hamburg hatte die Güte, sie als *Sidonops alba (Kieschn.) var.* zu bestimmen. Wie mir Herr Prof. *F. Pax* in Breslau freundlichst mitteilte, kommt es mitunter auch bei *Steinkorallen* zur Bildung von Seebällen. Bedingung für das Zustandekommen derartiger kugeliger Gebilde, die allseitig Polypen hervorsprossen lassen, ist weicher Untergrund des Meeres, der ein Festsetzen der Kolonie verhindert. *Ratzel*[25]) erwähnt darüber: „Wir wissen, daß Riffkorallen keinen festen Grund brauchen, um zu gedeihen. Sie siedeln sich auf einzelnen Steinen, auch auf leichten Bimssteinen an, auf sandigem und kiesigem Grunde, und *Ortmann* fand auf der Chokirbank bei Daressalam Astraen und Pristiden, die nach allen Seiten hin lebende Kelche entwickelt hatten, weil sie gar nicht festsaßen, sondern von den Wellen hin und her bewegt wurden."

[25]) *Ratzel,* Die Erde u. das Leben, S. 341, Leipzig u. Wien 1901.

Über die Entwickelung der artlich verschiedenen Vogellieder.

Von Fritz Braun, Dt. Eylau.

Über die Tatsache, daß jede der zahlreichen Vogelarten unserer Wälder und Felder ein eigenartiges, nur sich selbst gleiches Lied erschallen läßt, haben sich die denkenden Naturbeobachter schon frühzeitig ihre Gedanken gemacht, und von der Zeit an, da man sich die Natur als etwas Werdendes und in der Entwicklung Begriffenes vorstellte, forschte man auch danach, wie diese mannigfaltigen Vogellieder wohl in dem Laufe der Zeit entstanden seien.

Wie überall, wo wir den Erscheinungen des Naturlebens nachspüren, traf man auch hier auf eine gewisse Ordnung, so daß man bald bestimmte Gesetze in der Fülle der Erscheinungen zu finden vermeinte. So hebt *Bernhard Altum* in seinem Buch: Der Vogel und sein Leben (Münster i. Westf., viele Auflagen) vor anderem hervor, daß sich der Gesang der Vögel allerorten harmonisch in die gewohnte Umwelt der Sänger einfügt, und daß sich die Vogellieder derart ähneln oder unterscheiden, daß man schon von ihnen Schlüsse auf die Stellung der Sänger im System, auf ihre größere oder entferntere Verwandtschaft zu ziehen vermag. Entsprechend seiner ganzen Weltanschauung warf aber jener verdienstvolle Forscher, zu dem auch andersdenkende Fachgenossen in Verehrung aufblicken sollten, weil ihm die beobachtende Ornithologie so manches schuldig blieb, was sie geworden ist, nun nicht mehr die Frage auf, wie jene Verhältnisse zu erklären seien, sondern begnügte sich damit, in ihnen das Werk einer ordnenden, überall Harmonie stiftenden Gottheit zu erblicken.

Sich an diesem Glauben genügen zu lassen, ist dem Naturforscher verwehrt. Ganz gleich, ob er zu einer genetischen Erklärung bestimmter biologischer Phänomene gelangen kann oder nicht, immer bleibt es doch seine Aufgabe, nach einer solchen Erklärung zu suchen. Und gar so aussichtslos erscheint, wie wir sehen werden, gerade in diesem Begriffsgebiet ein solches Streben doch nicht.

Wir haben vorläufig die Feststellungen *Altums* anstandslos als richtig hingenommen und dürfen auch fürderhin im allgemeinen von dieser Voraussetzung ausgehen. Im einzelnen müssen wir an ihnen aber doch wohl manche Ausstellungen machen, die sich ganz überwiegend daraus erklären, daß *Altum* nur die Lieder unserer deutschen Singvögel kannte. Mit dieser Beschränkung dürfen wir seine Behauptung, daß der Gesang der Vögel die systematische Verwandtschaft der Sänger widerspiegele, wohl gutheißen. Sonst aber kaum. Wie nahe sind nicht beispielsweise unser Girlitz (Serinus hortulanus Koch) und der Mozambikzeisig (Serinus icterus Vieill.) mit einander verwandt, und wie wenig gleichen sich trotzdem ihre Lieder! Schon für den Rothänfling (Acanthis cannabina L.) und für seinen nordischen Vetter, den Berghänfling (Acanthis flavirostris L.) gilt ganz ähnliches. Sind wir uns erst über den Werdegang der artlich verschiedenen Vogellieder einigermaßen klar geworden, so werden wir uns diese Tatsachen ohne besondere Schwierigkeit erklären können.

Es soll hier nicht unsere Aufgabe sein, auseinanderzusetzen, wie sich die stimmbildenden Organe des Vogels entwickelt haben und wie die Vögel allmählich dazu übergingen, einzelne Lockrufe und ähnliche Töne zu wiederholen, bis schließlich gesangsartige Strophen zustandekamen. Wer sich über diese Fragen aufklären will, findet an *Häckers* Buch: Der Gesang der Vögel (Jena, Gustav Fischer, 1900) ein klares und leicht zugängliches Hilfsmittel.

Stellen wir uns einmal vor, wir hätten es mit einer größeren Zahl von Vogelarten zu tun, die zur Ausbildung des Gesanges eigentlich gleich gut befähigt wären. Eigentlich sollte man dann erwarten, daß auch diese Lieder sich entsprechen. Daß dies nicht der Fall ist, muß unserer Meinung nach hauptsächlich auf dreierlei Dinge zurückgeführt werden, nämlich erstens auf *körperliche Unterschiede*, zweitens auf die *Verschiedenheit der häufigsten lebenerhaltenden Bewegungen* und drittens auf die *Eigenart der Töne, die auf das Gehör der Sänger wirken.*

Über den ersten der drei Punkte brauchen wir uns am wenigsten zu verbreiten. Je nach der Beschaffenheit der Nahrung mußte der Schnabel und damit auch der Schädel bei den einzelnen Vogelarten ganz verschieden ausgebildet werden. Es kann aber auf die Beschaffenheit der Lautäußerungen nicht ohne Einfluß bleiben, ob ein Sänger den spitzen Schnabel des Rotkehlchens oder den mächtigen Kegelschnabel des Kirschkernbeißers sein eigen nennt. Das sind Dinge, die sich jeder Beobachter schon selber zurechtgelegt haben wird, so daß es sich für uns erübrigt, darüber noch viele Worte zu machen. Durch diese Dinge dürfte sich auch die Feststellung *Altums* erklären, daß naheverwandte Arten zumeist Gesänge von ähnlichem Gepräge hören lassen. Wir erinnern hier beispielsweise an die Ähnlichkeit der Lieder unserer deutschen Grasmücken (Sylviinae). Allerdings dürfte gerade bei ihnen auch der Umstand mitsprechen, daß sie samt und sonders in ähnlichem Gelände wohnen, so daß die Töne, welche dort an ihr Ohr klingen, recht ähnlich zu sein pflegen. Daß dieser Umstand nicht belanglos sein dürfte, leuchtet uns besonders ein, wenn wir zum Vergleich unsere Ammern (Emberizidae) heranziehen. Nach der Beschaffenheit der Schnäbel könnten sich die Weisen des Grau-, Rohr- und Gartenammers (Emberiza calandra, Emb. schoeniclus und Emb. hortulana L.) weit mehr ähneln, als das tatsächlich der Fall ist. Schon an diesen Beispielen erkennen wir, daß *Altum* irrt, wenn er für die Ähnlichkeit der Lieder engverwandter Arten ausschließlich deren systematische Verwandtschaft,

das heißt die übereinstimmende Körperbildung verantwortlich macht. Wir dürfen nicht vergessen, daß sich die Arten derselben Familie in der Regel um ein und dasselbe Verbreitungszentrum gruppieren, so daß sie nicht nur die Grundzüge der körperlichen Veranlagung, sondern in der Hauptsache auch die Umwelt gemeinsam haben, ein Umstand, der, wie wir noch ausführen werden, aus logisch kaum anfechtbaren Gründen für die Ausbildung der Lautäußerungen überaus wichtig ist.

Auch die Bedeutung des zweiten Grundes, den wir namhaft machten, der verschiedenen Rhythmen der gewohnten Körperbewegungen, leuchtet ganz von selber ein. Der Dichter hat recht, wenn er den Hunger und die Liebe das organische Leben aufrechterhalten läßt, und er tat auch daran gut, daß er den Hunger an erster Stelle nannte, denn ehe es sich darum handeln kann, die zur Fortpflanzung der Art erforderlichen Bewegungsreihen auszuführen, zu denen unserer Meinung nach auch der als Brunstruf dienende Gesang gerechnet werden muß, soll erst das Leben der Individuen durch das Auffinden der notwendigen Nahrung gesichert werden. So richten sich denn die minniglichen Zwecken dienenden Bewegungen nach jenen, welche auf den Nahrungserwerb hinzielen, und nicht umgekehrt. Eine Vogelart, die, im Äther schwimmend, winzige Insekten hascht, wird ihre Lautäußerungen auf andere Bewegungsrhythmen einstellen müssen als eine andere, die bei der Nahrungssuche am Stamme der Bäume entlangläuft, und ein Vogel, der bei dem Nahrungserwerb gemächlich von Ast zu Ast durchs Gebüsch hüpft, wird sich an andere Rhythmen gewöhnen als solche Arten, die sich dabei an den hin- und herschwankenden Enden dünner Zweiglein anhäkeln. Der sonore, feierliche Gesangsvortrag der Amsel (Turdus merula L.) wäre mit der Lebensweise einer Parusart schlechthin unverträglich, und die versonnenen Weisen des Rotkehlchens ergeben sich bei dem ruhevollen Leben von Erithacus rubeculus L. ganz von selbst. Änderungen in der Lebensweise werden daher auch solche der Gesangsäußerungen notwendigerweise zur Folge haben.

Den wesentlichsten Stoff glauben wir bezüglich des dritten Punktes beibringen zu können, ja, wir möchten getrost behaupten, wir hätten nur um dieser Dinge willen zur Feder gegriffen. Im allgemeinen wird von den Ornithologen, die sich mit biologischen Fragen beschäftigen, viel zu wenig berücksichtigt, daß sich *alle Vogelgesänge mehr oder minder* — „ausschließlich" zu sagen, fehlt uns der rechte Mut — aus *Nachahmungen* solcher Töne zusammensetzen, die für ihre Umwelt bezeichnend sind. Selbst die herrlichsten Lieder der stimmgewaltigsten Sänger dürfen wir nur bedingungsweise als Originalleistungen bezeichnen, da sie in der Hauptsache nur Wiederton und Echo sind. So erklärt sich auch mühelos die Harmonie zwischen den Vogelliedern und dem Tongemälde der Landschaftsform, in der diese Lieder vorgetragen werden.

Was die Zustände in unserer Zeit angeht, hat die Unterscheidung der Singvögel in Originalsänger und Spötter ihren guten Sinn. Wollten wir die Unterschiede nach dieser Richtung hin unberücksichtigt lassen, weil wir bei genetischer Betrachtung der Arten schließlich doch eine Übereinstimmung zwischen Originalsängern und Spöttern finden, so würde es dem Laien jedenfalls nicht erleichtert werden, sich ein Urteil über diese Dinge zu bilden. Treten wir jedoch in genetische Betrachtungen ein, so müssen wir an unserer Behauptung, daß *alle* Singvögel Nachahmer und Spötter sind, unbedingt festhalten und den Satz dick unterstreichen, daß so ziemlich *alle Sangesäußerungen der Vögel Echo und Wiederton* sind. Diese Behauptung besagt jedoch nicht, daß sie auch in allen Fällen eine *lauttreue* Wiedergabe des Gehörten darstellen müssen. Ebenso wie es dem Deutschen bei allem guten Willen nicht möglich ist, manche Laute der slawischen Sprachen richtig zu formen und es ein Neugrieche beim besten Willen nicht fertig brächte, meinen Namen Braun mit deutscher Klangfarbe auszusprechen, werden sich auch die Gefiederten infolge der Eigenart ihrer Stimmwerkzeuge oft genug außerstande sehen, das, was der Gehörsinn ihnen vermittelte, richtig nachzubilden. Trotzdem bleiben diese Laute doch Wiederton und Echo, ebenso wie der Hampelmann, den Karlchen Mießnick aufs Papier wirft, ein Abbild seines Lehrers sein soll. Ein Narr tut mehr, als er kann! Je näher wir die Vogelarten kennen lernen, um so länger wird die Liste der Spötter, welche die Biologen namhaft machen. (Siehe die diesbezüglichen Abhandlungen von *Koch*, *Stadler* und *Schmitt*, Ornithol. Monatsschrift 1914 u. f. Jahrgänge.) Berücksichtigen wir auch die Wahrnehmungen an gefangenen Vögeln, so dürfen wir wohl getrost sagen, daß *alle* Singvögel als Spötter zu bezeichnen sind. Diese Ausführungen mit dem Einwand abzutun, daß Wahrnehmungen an gefangenen Vögeln bedeutungslos seien, geht nicht an, lebe ich doch der Überzeugung, in mehr als einem Menschenalter an Tausenden gefiederter Pfleglinge recht viel gelernt zu haben. Wollte ich behaupten, ich hätte alle Mühen und Kosten der Pflege nur zwecks wissenschaftlicher Beobachtungen auf mich genommen, so bliebe ich nicht bei der Wahrheit. Was mich dazu veranlaßte, war tiefinnerer Drang, mich mit reichen, wechselvollen Erscheinungsformen tierischen Lebens zu umgeben, und ein heißes Glücksgefühl, wenn sich dieses Leben anmut- und tönereich vor mir und um mich abspielte. Aber auch hier bewährte sich die alte Erfahrung, daß die milde Natur einem schönheitshungrigen Menschenkinde, das sich mit Liebe an sie hängt, auch allerlei Weisheit und Erkenntnis zuraunt. Im einzelnen dürfen wir die Tatsache, daß sich sogenannte Original-

sänger in der Gefangenschaft zu Spöttern entwickeln, getrost unnormal nennen, aber die Regelwidrigkeit, daß im Käfig selbst Arten wie der Kirschkernbeißer (Coccothraustes Coccothraustes L.) und Haussperling (Passer domesticus L.) entlehnte Tonfolgen hören lassen, spiegelt doch nur die höhere, weitere Lebenskreise kennzeichnende Regel wieder, daß ein Vogel, den wir in eine neue Umwelt versetzen, auch seine gesangliche Eigenart zu ändern pflegt.

Daß es im Freileben dabei nicht zu Verhältnissen kommt, die wir als anarchische Regellosigkeit bezeichnen müßten, liegt einmal daran, daß sich diese Vorgänge in der Natur ganz allmählich zu vollziehen pflegen, und zum zweiten an dem Umstande, daß schon die artliche Eigentümlichkeit der Stimmittel auch eine ganz bestimmte, artlich verschiedene Auswahl der nachzuahmenden Töne bedingt. Wenn auch die Einwirkung dort viel gröber, beinahe möchten wir sagen: gewalttätiger erfolgt, möchten wir in diesem Zusammenhang doch daran erinnern, daß es nicht Zufall ist, wenn in dem Wortschatz unserer sprechenden Papageien immer wieder dieselben Worte und Töne wiederkehren. Es sind eben die Worte, welche die Stimmittel dieser Vögel am leichtesten formen, wenn sie in arteigentümlicher Weise in Tätigkeit gesetzt werden. In ähnlicher Weise wird auch etwa ein Sumpfrohrsänger (Acrocephalus palustris Bechstein), der aus dem Röhricht des Sumpfes in lichtes Buschwerk übergesiedelt ist, an den für diese Umgebung bezeichnenden Tönen Auswahl üben, wobei wir allerdings nachdrücklichst betonen müssen, daß sich das alles zum größten Teil *unter* der Bewußtseinsschwelle abspielt. Wir sagen noch eigens „zum größten Teil", weil wir doch nicht glauben, daß das in allen Fällen geschieht. Wer jemals Zeuge gewesen ist, wie sich ein Starmatz (Sturnus vulgaris L.) *abmüht*, einen bestimmten Ton nachzuahmen, sagen wir einmal das Geräusch, das ein Kork verursacht, den wir aus der Flasche ziehen, der wird sich wohl vorstellen können, daß auch bei den freilebenden Vögeln während solchen Tuns Willensregungen mitwirken mögen. Mit Recht heben die Biologen hervor, daß bei allem spielerischen Treiben der Tiere die Nachahmung eine Hauptrolle spielt, eine so große Rolle, daß man getrost von einem Nachahmungs*trieb* reden darf. Aber man vergesse nicht, daß dabei auch der empfundene Widerstand des körperlichen Werkzeuges die Geschöpfe sehr wesentlich beeinflußt. Jeder Beobachter wird spielende Tiere unzählige Male bei dem zähen Bemühen verfolgt haben, diesen Widerstand zu überwinden, und wir dürfen wohl vermeinen, daß dabei Bewegungsbahnen gangbar gemacht werden, in denen sich nachher die betreffenden Organe mit besonderer Vorliebe zu bewegen pflegen. Allerdings mögen solche Dinge im Leben des gefangenen und namentlich in dem des wirklich domestizierten Tieres eine größere Rolle spielen als in dem ihrer freilebenden Verwandten, deren Bewegungen sich wohl der Hauptsache nach in solchen Bahnen bewegen, die längst gangbar gemachten am meisten entsprechen. Deshalb würden sich beispielsweise die Veränderungen im Gesang einer Sylvie und in dem einer Rubeculusart, deren Umwelt in derselben Weise verändert wurde, auch nicht entsprechen. Dieser Wert, den wir mit *a* bezeichnen wollen, wäre zwar in beiden Fällen gleich, dagegen stellten die körperlichen Hilfsmittel der Tiere die verschiedenen Werte *b* und *c* dar. Der veränderte Gesang würde sich daher nicht nur wie *a* zu *a*, sondern auch wie *b* zu *c* verhalten.

Da erscheint es uns nun doch verdächtig, daß wir bei mehreren Arten, von denen man behauptet, sie seien erst in allerjüngster Zeit in eine neue Umgebung übergesiedelt, auch schon sehr wesentliche, tief einschneidende Abweichungen im Gesang feststellen. Ob es wohl angeht, kurzerhand zu behaupten, sie hätten sich sozusagen gestern und vorgestern vollzogen? — Mir drängte sich dabei immer wieder der Gedanke auf, daß solche Arten schon in früheren Zeiten ähnliche Seitensprünge gemacht haben könnten, und daß die Übersiedelung, die sich unter unseren Augen vollzogen hat, in ihrer neueren Siedelungsgeschichte nicht die erste ist.

Ob wir uns überhaupt klar genug darüber sind, daß der Gesang der Vögel auch einen großen Teil ihrer Siedelungs*geschichte* wiederspiegelt? Wenn uns heute bei dieser und jener Art Töne auffallen, die zu dem Lautgemälde ihrer Umgebung nicht recht passen wollen, dürfte der scheinbare Widerspruch oft genug darauf beruhen, daß die betreffende Art sich diese Laute zu einer Zeit angeeignet hat, als sie noch in einer ganz anderen Umwelt lebte. So ist der Ruf des Pirols (Oriolus oriolus L.) vermutlich kein Widerhall *deutschen* Waldlebens. Der Vogel führt jenen Ruf wohl schon seit Tagen, da er auch während der Brutzeit dem Verbreitungszentrum seiner Familie noch viel näher war, eine Auffassung, in der wir noch bestärkt werden, wenn wir seinen Flötenruf mit den Lautäußerungen der verwandten Arten vergleichen. Ähnliche Empfindungen hat man bei so mancher Art, die wir als Neuling in unserer Ornis bezeichnen müssen. Klingt der Flötensang des Ortolans (Emberiza hortulana L.) an mein Ohr, so denke ich ganz unwillkürlich der Tage, da ich von den Weinbergen Bithyniens zu dem blauen Golf von Ismid hinabschaute und die vollen Strophen der Kappenammern (Emberiza melanocephala, Scopoli) eintönig und sommermüde in der durchsonnten Luft verklangen. Auch den Girlitz (Serinus hortulanus Koch) möchte ich in diesem Zusammenhang nennen. Wenn seine klirrenden, in vieler Hinsicht leer erscheinenden Lieder in den gartenreichen Siedelungen der laubreichen,

so weichgetönten Landschaft Pommerellens an mein Ohr tönten, hatte ich immer wieder die Empfindung, daß diese Klangbilder dort fremdartig und widerspruchsvoll wirkten. Erst als ich denselben Vogel in den Zypressenhainen der kleinasiatischen Inselwelt gehört hatte, wußte ich, wo ich die Töne zu suchen hatte, deren Wiederhall das Lied dieser Vogelart darstellt. Auch hier berichtet uns das arteigentümliche Lied von der Siedelungs*geschichte* des Vogels.

Mitunter werden wir aber gar nicht auf die Vergangenheit, auf die Siedelungsgeschichte der Art zurückgreifen müssen, um uns zu erklären, wie solche Töne, die keinen Widerhall von Lauten unserer deutschen Landschaftsformen darstellen, in den Gesang unserer Vögel hineingeraten sind: Bei Zugvögeln ist es sehr wohl möglich, daß auch die Töne in das Lied versponnen werden, welche der Vogel im Winterquartier vernimmt, namentlich dann, wenn er dort den Gesang fleißig in spielerischem Tun zu üben pflegt. Daß es uns nur selten möglich ist, solche Zusammenhänge klarzustellen, entbindet uns nicht von der Notwendigkeit, ihr Vorhandensein ganz allgemein festzustellen. Wie schwer es im einzelnen ist, über solche Fragen zur Klarheit zu kommen, sehen wir schon, wenn wir uns beispielsweise über den Pirolruf unseres gemeinen Stars den Kopf zerbrechen. Erschiene der Pirol zwei Monate früher in unseren Gauen und bliebe er noch zwei Monate länger in Deutschland zurück, so würde uns die Auffassung, der Pirol hätte seinen Ruf bei uns in deutschen Landen von dem gelben Pfingstvogel gelernt, eher einleuchten. So aber liegt uns jene Meinung nicht recht, weil der Pirol gerade zu den Zeiten bei uns fehlt, wo der Starmatz seinen Gesang am meisten spielerisch zu üben pflegt. Unter solchen Umständen empfiehlt es sich wohl, daran zu erinnern, daß das Verbreitungsgebiet der Sturnidae und Oriolidae in der Fremde auf weiten Räumen übereinstimmt, so daß man auch bei dem Pirolruf unseres Stares an einen Widerhall aus längst vergangenen Tagen denken könnte.

Dieselben Forscher, die Originalsänger und Spötter so scharf trennen, sind merkwürdigerweise oft genug der Meinung, daß unsere Singvögel den vollkommenen Gesang ihrer Art nur dann lernten, wenn sie Gelegenheit hätten, immer wieder artgleiche Weisen zu hören. Nun unterliegt es zwar keinem Zweifel, daß diese Lautäußerungen für den Nachwuchs der Art den stärksten Anreiz bedeuten, die noch ungelenke Stimme zu üben, da diese sich bei solchem Bemühen in den für sie gangbarsten Bahnen bewegt. Trotzdem bildet auch der in Einzelhaft gehaltene Jungvogel, wenn seine körperliche Entwickelung nur einen normalen Verlauf nimmt, das arteigentümliche Lied viel besser aus, als die meisten glauben. Die Frage, ob auch der seinen Artgenossen entrückte Jungvogel das für sie bezeichnende Lied getreulich ausbildet, schlankweg mit ja oder nein zu beantworten, geht nicht an. *Beide* Antworten würden einen Wahrheitskern bergen. Auf Grund vielseitiger Erfahrung möchten wir selber uns zu der Ansicht bekennen, daß die Fähigkeit dazu viel größer ist, als man gemeinhin annimmt. Wo es nicht geschieht, darf man wohl von der Voraussetzung ausgehen, die Entwicklung der Tiere sei durch die regelwidrigen Verhältnisse des Gefangenlebens in unnormale Bahnen gelenkt worden. Wegen der Häufigkeit solcher Anomalien gerade bei gefangenen Vögeln setzen ja, wie wir schon wiederholt betonten, manche Biologen den Wert der an ihnen gemachten Beobachtungen ganz allgemein und vollständig a priori herab, während der Tierpfleger gerade durch sie immer wieder zu seinen Pfleglingen hingezogen wird, um das überraschende Spiel mannigfacher Kräfte zu beobachten, die, alte Bahnen verlassend, neuen Bildungen zustreben. Auch dürfen wir beileibe nicht vergessen, daß selbst alles Anomale, von einer höheren Warte betrachtet, doch wieder in gewissem Sinne als normal bezeichnet werden darf, weil es sich sozusagen im Rahmen des artlich Möglichen bewegen muß. Auch der unnormalste Elefant wird kaum spielerische Kletterübungen vornehmen und die regelwidrigste Hauskatze würde bei dem Spiel die Pfoten kaum zum Graben brauchen.

Mit welcher Gewalt *ererbte* Impulse den Singvogel zwingen, sich bei seinen Liedern in *alten* Bahnen zu bewegen, sehen wir am besten bei Singvogelbastarden. Man sollte meinen, daß diese hinsichtlich der Ausbildung ihrer Lieder den allerweitesten Spielraum hätten, aber wenn daran auch etwas Wahres ist, beobachten wir doch andererseits, daß auch ihre Lieder etwas durchaus Typisches sind. So habe ich schon mehrere Bastarde zwischen Kanarie und Rothänfling (Serinus canarius L. × Acanthis cannabina L.) gehalten, deren Lieder durchaus und in allen Stücken miteinander übereinstimmen, obgleich man gerade bei den Blendlingen zweier Arten, die über so reiche und mannigfaltige Stimmittel verfügen, allerlei willkürliche Neubildungen für die Regel halten sollte.

Alle diese Dinge weiter auszuspinnen und das Fachwerk der Leitgedanken mit den Ziegeln der Einzelbeobachtungen zu füllen, wäre nicht schwer, doch fürchten wir, daß diese Tätigkeit nur verwirrend wirkte und dem Leser den Überblick über diesen Gedankenkreis erschwerte, wird doch auch die Statik einer Baumkrone dadurch nicht durchsichtiger, daß man die dichte Blätterkrone über ihr Astgerüst ausbreitet.

Wie sehr die Wirrsal dieser Tage von der stillen Versenkung in die ebenso geheimnis- wie erkenntnisreiche Welt der Naturerscheinungen ablenkt, erfuhr ich selber nur allzugut, als ich wochenlang Tag für Tag durch die Pracht der Frühlingsnatur von Dorf zu Dorf pilgerte, um in unserem Geserichgau die Gemüter der deutschen Volksgenossen für den Tag der Abstimmung

wachzurütteln. In Busch und Baum, in Feld und Hag sang das liederreiche Volk der neu ermunterten Vögel, aber die Sinne des Wanderers, den bange Sorge peinigte, waren dagegen wie abgeblendet. Und doch muß, wenn ruhigere Zeiten wiederkehren, der Geist unserer Landsleute dem in Wechsel und Fülle unerschöpflichen Leben der großen Mutter wieder erschlossen werden, und zwar nicht nur ihr Verstand, sondern auch ihr schönheitsfrohes, nach Einklang dürstendes Gemüt, von dem in der deutschen Wissenschaft zu ihrer Ehre und zu ihrem Ruhm allezeit so starke, den Vorstellungskreis der Forscher mitbestimmende Wirkungen ausgegangen sind.

Die Geologie von Neuseeland.

Von Otto Wilckens, Bonn.

Ein großer Teil des Felsgerüstes unseres Planeten liegt unter den Wassern des pacifischen Ozeans. Nur in winzigen Eilanden schaut es aus dem Riesenmeere hervor. Mit wenigen Ausnahmen liefern diese Inseln der geologischen Untersuchung nur Korallenkalke und vulkanische Gesteine aus tertiärer und posttertiärer Zeit. Fast die ganze Geschichte dieses gewaltigen Gebietes kann daher nur durch Rückschlüsse aus der Geologie seiner Umrandung aufgehellt werden. Es ist begreiflich, daß infolgedessen erdgeschichtliche Spekulationen unter den widersprechendsten Annahmen schon die verschiedensten Dinge in die pacifische Region hinein kombiniert haben: dauerndes Festland und permanenten Ozean, Gebirgsketten und Inselzüge und die Heimat so mancher anderwärts plötzlich auftauchender Meeres- und Landfaunen. Manchmal mögen weit auseinandergehende Vorstellungen gleichmäßig berechtigt sein. Gedenkt man der großen Mannigfaltigkeit im Aufbau des kleinen Europa, so scheint die ungeheure Fläche der Südsee Platz genug für geologische Entwicklungen der verschiedensten Art zu bieten. Jedenfalls ist die geologische Erforschung der pacifischen Randgebiete von einer über das lokale Interesse hinausgehenden Wichtigkeit für die Kenntnis der Erdgeschichte. Von diesem Gesichtspunkte aus möge hier eine Schilderung der geologischen Beschaffenheit von Neuseeland gegeben werden, um so mehr, als dieselbe in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte zu verzeichnen hat.

Vier Hauptgruppen von geologischen Bildungen nehmen am Aufbau der neuseeländischen Inseln teil. Ihr zentrales Rückgrat bilden alte kristalline Schiefer, vereinzelte Silur- und Devonablagerungen sowie mächtige Arkosen, Grauwacken und Tonschiefer des Permokarbons, der Trias und des Jura. Alle diese Formationen sind intensiv gefaltet. Verbreitet sind darin Granit- und Serpentinstöcke. Viel von dem Gold Neuseelands stammt aus den alten kristallinen Schiefern bzw. den in ihnen aufsetzenden Quarzgängen.

Die zweite Gesteinsgruppe bildet im wesentlichen einen Saum beiderseits des gefalteten Gebirges. Mit scharfer Ungleichförmigkeit ruhen auf den abgetragenen Falten Konglomerate, Sandsteine, Mergel und Kalke der mittleren und oberen Kreide und des Tertiärs. Diese transgressive Schichtfolge beginnt in verschiedenen Gebieten mit Ablagerungen recht verschiedenen Alters. Die Lagerung ist meist flach, doch fehlt Faltung keineswegs ganz, und Verwerfungen sind häufig. Das ältere Tertiär ist stellenweise reich an guten Braunkohlen, auch Erdöl kommt in den jüngeren Randbildungen vor.

Als dritte Gruppe ergibt sich die Fülle junger Eruptivgesteine, an denen namentlich die westliche Nordinsel reich ist. Hier liegen das vulkanische Plateau des Tauposees und die Feuerberge Ngaurohoe, Tongariro, Ruapehu und Mt. Egmont. Die andesitischen Gesteine sind zum Teil Goldbringer.

Als letzte Gruppe endlich können die quartären und jüngsten Moränen, Schotter usw. glazialen und fluviatilen Ursprungs betrachtet werden. Zum Teil sind sie Goldseifen.

Nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnis läßt sich die geologische Entwicklung Neuseelands erst vom jüngsten Paläozoikum ab etwas genauer verfolgen. Zuerst ein negatives Ergebnis: Neuseeland bildete keinen Teil des Gondwanalandes. Dieser Kontinent, der u. a. einen großen Teil des australischen Festlandes und das Süd-Viktorialand (Antarktika) einschloß, wird durch die Glossopterisflora und die Spuren einer permischen Eiszeit charakterisiert. Von beiden ist in Neuseeland niemals etwas gefunden worden. Dies war zu erwarten; denn da Neuseeland ein jüngeres Faltengebirge besitzt, das dem Gondwanaland abgeht, so muß angenommen werden, daß unsere Inselgruppe eine wesentlich andere Entwicklungsgeschichte besitzt als dieses. Zu diesem allgemeinen Ergebnis kommt man auch, wenn man von der Beschaffenheit der Erzlagerstätten dieser Gebiete ausgeht. Das Permokarbon ist in Neuseeland marin („Maitaischichten"), d. h. hier existierte damals kein Land.

Auch in der Triaszeit war Neuseeland Meeresboden. In gewaltiger Mächtigkeit wurden hier vorwiegend klastische Bildungen, sandiges

und toniges Material, abgelagert. Kalke fehlen fast ganz. Fossilien sind mancherwärts häufig. Die karnische und die norische Stufe sind nachgewiesen. Die in der Umrandung des ganzen pacifischen Ozeans verbreitete norische Leitform Pseudomonotis ochotica wird auch in Neuseeland gefunden. Die Triasfauna weist aber manche eigenartige Züge auf, so daß man mit Recht von einer „maorischen" Provinz der Triasmeere gesprochen hat. Wirklich nahe Beziehungen scheinen nur zur neukaledonischen Trias zu bestehen.

Im Rhät begegnet man zum ersten Male Anzeichen einer neuseeländischen Landmasse. An verschiedenen Punkten der Südinsel wird eine dieser Stufe angehörende Landflora gefunden, und ähnliche Pflanzengemeinschaften liefert die untere und mittlere Juraformation. Diese Floren zeigen manche Übereinstimmung mit den gleichaltrigen von Australien und Vorderindien, aber auch mit denen des Grahamlandes (Antarktika) und von Ternera (Chile). So mag man an eine Landverbindung zwischen all diesen Gebieten denken. Das würde bedeuten, daß die neuseeländische und die antarktisch-westsüdamerikanische Region Anschluß an das Gondwanagebiet gefunden hätte. Ob eine solche Annahme zulässig ist, erscheint mir zweifelhaft, aber es läßt sich nicht verkennen, daß der Florencharakter wohl dafür angeführt werden kann.

Aus der jüngsten Jurazeit kennen wir marine Ablagerungen mit einigen Ammoniten von der Westseite der Nordinsel (Kawhia Harbour).

Nach der Ansicht der meisten neuseeländischen Geologen fällt die Hauptfaltung der maorischen Gebirgskette in die Zeit zwischen Jura und Kreide. Für die zeitliche Festlegung dieses geologischen Ereignisses ist von entscheidender Bedeutung die Lagerung jener Schichten an der Mündung des Waikato an der Westküste der Nordinsel, die eine Wealdenflora geliefert hat. Leider geht aus *Hochstetters* Schilderungen nicht einwandfrei hervor, ob diese Ablagerungen dem gefalteten Untergrunde oder den mehr oder weniger flach lagernden jüngeren Saumbildungen angehören, und *Cox'* Beschreibung aus dieser Gegend ist mir derzeit nicht zugänglich.

Dagegen ist es ganz sicher, daß die Mittel- und Oberkreide überall, wo sie auftritt, mit einer starken Diskordanz auf den abgetragenen Falten des alten Untergrundes aufruht. Die große Gebirgsfaltung ist also sicher prämittelkretacisch. Sie verwandelte die neuseeländische Region in eine Landmasse. Das entstandene Gebirge wurde abgetragen und mehr oder weniger eingeebnet. Dann trat eine Senkung ein. Die große Transgression der Mittelkreide („cenomane Transgression") hat ihre Spuren in Marlborough (Südinsel) im Gebiet des Clarenceflusses (Kaikouras) hinterlassen, und zwar in Gestalt von Ablagerungen des oberen Gault, die z. T. vulkanische Tuffe darstellen. Gleichaltrige Transgressionsbildungen finden sich in Japan, auf den Queen-Charlotte-Inseln, in Kalifornien, Peru, Vorderindien, Conducia, Madagaskar und Zululand. In mehreren dieser Gebiete folgt auf den Gault noch das Cenoman, in Neuseeland aber nicht. In den Kaikouras liegt auf dem Gault der „Amurikalk", und es fehlt das Obersenon, das nun aber an verschiedenen Stellen der Südinsel über den gefalteten Untergrund ungleichförmig hinübertritt. Meist liegen unter seinen marinen Schichten terrestrische Sandsteine mit geringen Kohlenflözen. Der Gesteinscharakter und die Fauna, die es einschließt, machen es den zahlreichen Vorkommen transgressiv gelagerten Obersenons in der Umrandung des pacifischen Ozeans sehr ähnlich, besonders denen im Westen der südamerikanischen Landmasse: Quiriquina (Chile), Südpatagonien und Grahamland (Antarktika). Das Auftreten dieser Bildungen beweist das Vorhandensein einer Küste des südlichen Pacifik der jüngsten Kreidezeit, die in ihren allgemeinen Umrissen ungefähr den Linien der jetzigen Umrandung folgte, und den Eintritt einer allgemeinen Überflutung seiner Randländer. Die faunistische Übereinstimmung des neuseeländischen Obersenons mit dem südostpacifischen macht, da es sich um Flachmeerablagerungen handelt, die Annahme notwendig, daß eine Landverbindung, höchstwahrscheinlich durch die Antarktis, zwischen Neuseeland und Südamerika bestand, an deren Küste diese Tierwelt gedieh. Ich habe wahrscheinlich zu machen gesucht, daß für die Lage dieser Landverbindung der Verlauf der neuseeländischen Kordillere maßgebend war, die im Süden der Südinsel aus ihrer SW-Richtung in eine südöstliche umschwenkt und von der Ostküste querüber abgeschnitten wird. Daß auf der Westseite der Südinsel die Kreide völlig fehlt, darf wohl nur so gedeutet werden, daß die neuseeländische Landmasse sich in dieser Richtung zur Kreidezeit wesentlich weiter ausdehnte als heute.

Die Senkung des Gebietes in der Kreidezeit war sehr bedeutend. Der heutige Innenrand der Kreideablagerungen ist nicht identisch mit der Küste des Kreidemeeres. Wenn im Clarencetal in den Kaikouras die Mittelkreide und der Amurikalk 3000 m Mächtigkeit besitzen, so müssen diese Schichten zweifellos noch sehr viel weiter ins Land hineingereicht haben.

Der Amurikalk, dessen stratigraphische Stellung wegen des Mangels an Fossilien unsicher ist, liegt am Amuri Bluff und am Wekapaß über dem Obersenon. Die Frage, ob die folgenden Schichten (ebenfalls unsicheren Alters) und dann das als solches bestimmbare Tertiär mit angulärer Diskordanz auf ihrem Liegenden ruhen, hat eine lange Erörterung hervorgerufen. Ähnliche unklare Lagerungsverhältnisse bestehen in Südpatagonien und im Grahamlande an der Grenze von Kreide und Tertiär. Nur durch den paläontologischen Befund können in solchen Fällen die Formationen gegeneinander abgegrenzt werden.

Auf die Kreidezeit folgte eine Periode des Meeresrückzuges. Im älteren Tertiär sind terrestrische Bildungen mit Braunkohlen in den Randgebieten von Neuseeland verbreitet. Vielerwärts fehlt die Kreide zwischen dem mesozoischen oder älteren gefalteten Grundgebirge und dem Tertiär, dessen jüngere Glieder marin entwickelt sind. Stellenweise ist die Kreide vor Ablagerung des Tertiärs gefaltet (Gegend von Gisborne-East Cape, Nordinsel). Der „präkretacischen" Hauptfaltung sind also noch weitere Bewegungen nachgefolgt. Man muß sich darüber klar sein, daß weder die südlichen Alpen, noch die Ruahinekette (wie *Sueß* das Gebirge der Nordinsel, unter den zahlreichen Namen der einzelnen Gebirgsabschnitte wählend, genannt hat) ihre jetzige Gebirgsnatur der Hauptfaltung der neuseeländischen Kordillere verdanken. Im Beginn des Tertiärs gehoben, muß das Neuseeland jener Zeit dann bald zerstückelt, namentlich der Abbruch der Westküste erfolgt sein; denn die tertiären Meeresablagerungen finden sich auch an dieser. Da das Tertiär im Süden der Südinsel am Wakatipusee noch mitten im alten Gebirge in eine Überschiebung eingeklemmt erscheint und in den Kaikouras von Trias überschoben wird, so müssen noch sehr bedeutende Dislokationen in verhältnismäßig junge Zeit, etwa ins Jungtertiär, fallen (sogen. „Kaikouraphase"). Sie haben bedeutende Schollenbewegungen erzeugt und jedenfalls die jetzigen Gebirge von Neuseeland geschaffen. Starke Hebungen und Senkungen erfolgten auch noch weiterhin; denn wenn das marine Pliocän auf der Nordinsel in der Ruahinekette bis zu 1000 m Höhe hinaufsteigt, so erzählt das von einer Senkung und Wiederhebung von mindestens einem dieser Höhe entsprechenden Ausmaß. Auch die höheren Terrassen, die viele Flußtäler der Nord- und der Südinsel begleiten und in denselben eine typische „Tal-in-Tal-Struktur" hervorbringen, sowie die gehobenen Strandterrassen an den Küsten sprechen für junge Hebungen, die Fjorde im SW der Südinsel für Senkung.

Glaziale Erscheinungen der Diluvialzeit sind fast ganz auf die Südinsel beschränkt, deren Hochgebirge auch jetzt noch Gletscher trägt, deren Schönheit allerdings vielfach ein erstickender Moränenschutt Abbruch tut.

Ich habe 1917 versucht, einen Vergleich zwischen dem neuseeländischen Gebirge und den Alpen durchzuführen. Beide zeigen eine große Übereinstimmung in ihrem Grundriß und in ihrer Ausdehnung. Aber die Unterlagen für diesen Vergleich sind vielfach noch unzureichend. Die meisten Beobachter sprechen sich dahin aus, daß die neuseeländischen Alpen ein einseitig gebautes Gebirge und durch einen Druck aus SO gefaltet sind. Deckenbildung ist noch nicht bekannt.

Die Wirbeltierarmut Neuseelands vor der Ankunft des Menschen spricht für eine sehr lange Isolierung dieses Gebietes. Seine geologische Geschichte läßt vermuten, daß die Unterbrechung des Zusammenhanges mit anderen Landmasssen spätestens vor Ablagerung der Oberkreide erfolgte. Ungestört konnten sich die z. T. riesenhaften Moavögel entwickeln, denen wahrscheinlich ältere Einwanderer als die jetzigen Maori den Garaus gemacht haben. Der südpacifische Ozean existiert sicher schon seit der jüngeren Kreidezeit.

Literatur.

Andrews, E. C., Notes on the structural relations of Australasia, New Guinea and New Zealand. — The Journ. of Geology *24*, S. 751—776, 1916.

Arber, E. A. N., The earlier mesozoic floras of New Zealand. N. Zeal. Geol. Surv. Pal. Bull. No. *6*, 1917.

Boehm, G., Fossilien der oberen Trias von der Südinsel Neuseelands. Centralbl. f. Min. Geol. Pal. 1910, S. 632—636.

Boehm, G., Grenzschichten zwischen Jura und Kreide von Kawhia (Nordinsel Neuseelands). N. Jahrb. f. Min. Geol. Pal. 1911, *I*, S. 1—24, Taf. I. II.

Cox, S. H., Report on Waikato District. Rep. Geol. Expl. Geol. Surv. N. Zeal. during 1876—77, S. 11 ff.

Marshall, P., New Zealand and adjacent Islands. Handb. d. region. Geol., herausg. v. *G. Steinmann* und *O. Wilckens*, 5. Heft (Bd. *VII*, 1), 1911.

Morgan, P. G., Preliminary Report on the Gisborne-East Cape District. Ann. Rep. Geol. Surv. Branch, Mines Dep. N. Z., N. S. *VIII* (1914), S. 124—128.

Morgan, P. G., Weka Pass District, North Canterbury. Ebenda *IX* (1915), S. 90—94.

Morgan, P. G., Notes on a visit to Marlborough and North Canterbury, with especial reference to unconformities post-dating the Amuri limestone. Ebenda *X* (1916), S. 17—29.

Park, J., The Geology of New Zealand, 1910.

Thomson, J. A., Coal Prospects of the Waimate district, South Canterbury. Ann. Rep. Geol. Surv. Branch, Mines Dep., N. Zeal. *VIII* (1914), S. 158 bis 162.

Thomson, J. A., Mineral Prospects of the Meharahara District, Hawke's Bay. Ebenda, S. 162—170.

Trechmann, C. T., The Trias of New Zealand. Quart. Journ. Geol. Soc. *73* (1917), S. 165—246, Tafel XVII—XXV.

Trechmann, C. T., Cretaceous Mollusca from New Zealand. Geol. Mag. N. S. Dec. *VI*, Vol. *IV*, S. 294—305, 337—342, Taf. XIX—XXI. 1917.

Wilckens, O., Die Geologie von Neuseeland. Geol. Rundschau *8*, S. 143—161, 1917.

Wilckens, O., Das neuseeländische Obersenon, nebst einigen Bemerkungen über seine Bivalvenfauna. Zentralbl. f. M. G. P. 1920 (im Druck).

Wilckens, O., Die neuseeländische Kreideformation. Geol. Rundschau *11* (1920), Heft 1/4.

Woods, H., The cretaceous faunas of the north-eastern part of the South-Island of New Zealand. N. Zeal. Geol. Surv. Pal. Bull. No. 4, 1917.

Besprechungen.

Heim, Alb., Geologie der Schweiz. Bd. *II. Die Schweizeralpen.* Liefg. 1—4. Leipzig, Chr. H. Tauchnitz, 1920. 8°. 352 S., 97 Fig. und 18 Taf.

Vor 42 Jahren ist von *Heim* der epochemachende „Mechanismus der Gebirgsbildung" erschienen. Seither sind die Schweizeralpen von zahlreichen einheimischen und ausländischen Geologen außerordentlich eingehend untersucht und eine Fülle neuer Ergebnisse über Bau und Stratigraphie des Hochgebirges von höchstem allgemeinen Interesse gefördert worden, für

deren einheitliche Bearbeitung der Verfasser prädestiniert war und ist. Nach einer kurzen Übersicht über die Geschichte der Geologie der Schweizeralpen und die allgemeinen Ergebnisse werden ausführlich der komplizierte Bau, die Gesteine, Verwitterung, Erosion in weitem Sinne in so vorzüglicher, konziser, klarer Sprache und mit vom Verfasser fast durchweg selbst gezeichneten unübertroffenen Bildern behandelt, daß man zum voraus sagen muß, es wird in den drei ersten Lieferungen das beste Lehrbuch über diese Forschungsgebiete geboten. Dabei werden die 1878 vom Verfasser ausgesprochenen Ansichten überall bestätigt und damals als kühn erscheinende Sätze noch weit übertroffen, vor allem durch den heute feststehenden *Deckenbau* des „Faltengebirges". Keine in den Schweizeralpen erkannten und untersuchten Eruptiv- und Intrusivgesteine sind bei der Hebung aktiv gewesen, auch die jüngsten tertiären Granite im Bergell und Oberengadin erscheinen passiv, alle sind dynamisch mitgehoben, mitgeschleppt und größtenteils enorm umgestaltet worden, ein Produkt der großen *alpinen Faltung*, der Überfaltung, des enormen Horizontalschubes. Mit diesem Ergebnis stimmt die Verteilung der Massendefekte und Massenüberschüsse überein. Jene herrschen durchaus vor.

Die Kontaktmetamorphose tritt zurück, die *Dislokationsmetamorphose* beherrscht fast alles und ihr wird eine eingehende und überzeugende Betrachtung gewidmet über Biegung und Faltung, bruchlose Umformung, Druckschieferung bis Linearstreckung. Nicht bloß gibt es gestreckte Ammoniten und Belemniten, selbst mikroskopisch kleine Foraminiferen sind gestreckt und zeigen in ihrer Scharung eine Art Fluidalstruktur tiefseeischer kretacischer Kalke an. Daneben existieren große Bruchumformungen, Dislokationsbreccien, Kataklasen. Besonders wichtig sind die eigentliche Knetstruktur (Mylonite), die dynamische Ummineralisation, die Erscheinung der Kristalloblasten, die Bildung der kristallinen Schiefer. Instruktiv ist ein tabellarischer Vergleich zwischen Kontakt- und Dislokationsmetamorphose. Die Theorie der letzteren wird mit aller Vorsicht als noch nicht ausreichend behandelt. Wichtig erscheint beiläufig der Hinweis, daß die Alpen wenig homogene größere Stücke Bausteine liefern und daß die vorhandenen Anthrazitflöze notwendig stark gestört bis durchknetet sind. Nicht weniger frisch sind die Kapitel über *Verwitterung* und allgemeine *Erosion*, die hohen, bis auf 15 und 25 km sich summierenden Beträge des Abtrages behandelt. Man erkennt darin den Forscher, der in seinen jüngeren Jahren gegen den Plutonismus, die Spaltentäler usw. anzukämpfen hatte und den gewaltigen Formenreichtum der Alpen auf die Tektonik und den atmosphärischen Abtrag eindeutig und meisterhaft zurückführt. Schwindender Erdkern, Horizontalschub und Abtrag erscheinen als harmonische Trilogie der Alpennatur.

Die *tektonische Gliederung der Alpen*, das Bedeutendste der neueren Forschung, kann nur kurz erwähnt werden. Sie klammert sich an zwei grundlegende Erscheinungen, die *Zentral-* und *Deckenmassive*. Erstere sind hercynisch angelegte Rindenteile präkarbonischer Sedimente mit prätriassischen Eruptiva, welche von der Trias bis und mit dem Tertiär überlagert und durch die alpine Stauung erst gehoben und zu Gebirgsabschnitten geworden sind. Es sind die linsenförmigen, zonenartig gebauten, gequetschten, steil, oft fächerförmig gestellten Massive Montblanc, Aiguilles Rouges-Arpille, Aar- und Gotthardmassiv. Im Rhone- und Vorderrheintal sind die Wurzeln der an die Südseiten geklebten und weit über die Massive nach Norden bis ins Molassegebiet verschobenen *schwimmenden, wurzellosen* sedimentären Gebirge, der *helvetischen* Decken. Südlicher und von der Wurzelregion Ivrea—Bellinzona—Veltlin schieben sich an und teilweise darüber die *pennischen* und *ostalpinen Decken* und *Deckenmassive* mit größter Entfaltung im Silvrettamassiv. Eingehend werden die höchst interessanten Beweise für den Deckenschub gegeben. Außerordentlich lehrreich sind die farbigen und zum erstenmal in dieser Klarheit gebotenen geologischen Karten der Zentralmassive und zahlreiche in Schwarz gezeichnete Querprofile derselben. An das hercynisch angelegte Luganer Seegebirge schließen sich in ostalpiner Facies die Sedimente der *„Dinariden"* an, welche von besten Kennern der ostalpinen Decken als rückliegender Teil der letzteren, in den oberostalpinen Decken als auf die Alpen geschobener Teil erklärt werden.

In der dritten Lieferung eröffnet *Arnold Heim*, der Sohn des Verfassers, eine ausführliche, neue, präzise und reich illustrierte Darstellung der *stratigraphischen* Verhältnisse des *helvetischen Deckgebirges*, in welche drei farbige Querprofile 1 : 75 000 Licht verbreiten. Nicht nur wird man über die Bereicherung stratigraphischer Horizonte und durch die Korrektur früherer ungenügender Auffassungen belehrt, sondern die Faciesunterschiede, wie sie sich auf abgewickelten Horizonten von Süd nach Nord darbieten, werden besonders eingehend besprochen. Dabei zeigt sich, daß die alpine Stratigraphie ohne Deckenbau nicht verständlich wäre, daß vor allem die vielen örtlich angehäuften mylonitischen Fremdlinge und Schürflinge erst als solche die sonst kaum faßbaren Verhältnisse aufzuklären vermögen. *J. Früh, Zürich.*

Penck, Walter, Grundzüge der Geologie des Bosporus. Veröffentl. Inst. Meereskunde. Neue Folge, Heft 4. Berlin, Siegfried Mittler & Sohn. 71 S., 3 Abbild. und 1 Tafel. Preis M. 10,—.

Man glaubte seit längerer Zeit zu wissen, daß die Meerengen des Bosporus und der Dardanellen ihre Entstehung einem alten Flußlaufe verdanken, dessen Bett später das Meer eingenommen hätte, doch blieb seine geologische Geschichte, seine Richtung nebst vielem anderen äußerst unsicher. Die vorliegende Arbeit gibt eine Lösung der meisten Fragen, welche sich an das Bosporusproblem anschließen, auf Grund eingehender geologischer Untersuchung während der letzten Jahre. Die sehr fesselnd geschriebene Abhandlung ist nicht nur für den Fachmann, sondern auch für weitere Kreise deswegen nicht ohne Anreiz, weil sie zeigt, wie heute solche Fragen angefaßt und zur Lösung gebracht werden. Eine geologische Karte erläutert die Ausführungen. *O. Welter, Bonn.*

Silberstein, L., Report on the Quantum theory of spectra. London, Adam Hilger Ltd., 1920.

Die kleine Broschüre gibt in gedrängter Darstellung eine Übersicht über die Bohrsche Quantentheorie der Spektrallinien und ihre Erweiterung durch *Sommerfeld*. Im Anschluß hieran wird die Theorie der Röntgenspektren und des von *Epstein* berechneten Starkeffekts behandelt. Den Schluß bildet ein kurzer Bericht über *Plancks* Arbeiten „zur Theorie des Rotationsspektrums" und über die Auswahlprinzipien von *Bohr* und *Rubinowicz*. Das Ganze ist flüssig geschrieben und bietet demjenigen, der dieses Wunderland nicht kennt, zwar keine Einführung, wohl aber eine Anregung,

sich mit den Originalarbeiten eingehender zu befassen. Leider fehlen in dem Bericht einige wichtige Arbeiten, die hierher gehörten; offenbar sind sie dem Verfasser, infolge des Krieges, nicht zugänglich gewesen.

F. Reiche, Berlin.

Freundlich, Erwin, Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie. Mit einem Vorwort von *Albert Einstein*. 4. erweiterte und verbesserte Auflage. Berlin, Julius Springer. 1920. VI, 96 S. Preis M. 10.—.

Die in diesem Jahre notwendig gewordene vierte Auflage meines Büchleins über die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie weist gegenüber den vorangehenden Auflagen verschiedene Verbesserungen auf. Insbesondere wurde das Kapitel über die spezielle Relativitätstheorie neu bearbeitet und durch Anmerkungen ergänzt. Auch die folgenden Kapitel erfuhren Verbesserungen oder Ergänzungen, wo es der Verständlichkeit wegen wünschenswert erschien oder die Weiterentwicklung der Theorie und ihrer Prüfung Zusätze forderte.

Doch wurde an dem Grundcharakter der Schrift, die nur die begrifflichen Fundamente der allgemeinen Relativitätstheorie in knapper Form bringen will, nichts geändert.

Selbstanzeige.

Zuschriften an die Herausgeber.

Entgegnung auf Herrn Smekals zusätzliche Bemerkungen zu seiner Notiz: „Spezielle Relativitätstheorie und Probleme des Atomkerns“[1].

Herr *Smekal* glaubt zwei Punkte eines — wie ich seinen Feststellungen gegenüber immerhin betonen möchte, wesentlich früher verfaßten — das gleiche Thema behandelnden Aufsatzes von mir[2]) beanstanden zu müssen.

Vor allem erblickt Herr *Smekal* in *Rutherfords* Angaben über die Helligkeit der Szintillationen der „N“- und „O“-Strahlen einen Widerspruch zu der von mir als möglich, wenn auch bisher nicht als erwiesen, erörterten Auffassung, daß diese Strahlen in abgespaltenen He-Kernen großer Reichweite bestünden. *Rutherford* sagt[3]): „The scintillations, presumably due to swift N and O atoms, are bright and easily counted for a total absorption corresponding to about 7,5 cm of air. At this stage they appear equal in brightness to those given by an α-particle of range about 1 cm.“ Die strittigen N-Strahlen, die bei beträchtlicher Streuung der Reichweite noch etwa 1,5 cm (nämlich 9 — 7,5) maximal zurücklegen, haben also die gleiche Helligkeit der Szintillationen wie die wesentlich schwächer in ihrer Reichweite gestreuten α-Strahlen von noch etwa 1 cm Reichweite. Bei der Beurteilung der Sachlage ist neben diesem Unterschied in den Streuungsverhältnissen zu beachten, daß, abgesehen von der großen Schwierigkeit der Helligkeitsschätzung von Szintillationen, die Rutherfordschen Angaben offenbar nur rein orientierenden Charakter haben. Insofern möchte ich seine Angaben eher als in meinem Sinne günstig betrachten und sehe vorerst keinen Grund, die von mir diskutierte Auffassung aufzugeben.

Hinsichtlich des anderen Punktes bei Herrn *Smekal* möchte ich mir nur die Bemerkung erlauben, daß es, solange das He-Kernmodell noch keine klare experimentelle Bestätigung erfahren hat, unerläßlich sein dürfte, zur Entscheidung der erörterten Frage das Experiment anzurufen, wie ich es tat.

München, 31. August 1920. *W. Lenz.*

[1]) Die Naturwiss. *8*, 512, 1920.
[2]) Die Naturwiss. *8*, 181, 1920.
[3]) Phil. Mag. *37*, S. 576, 1919.

Die hochlegierten Chromnickelstahle als nichtrostende Stahle.

Bei Gelegenheit einer in den Jahren 1909—1912 in der Kruppschen Versuchsanstalt durchgeführten größeren Untersuchung über das Korrosionsproblem hatten *B. Strauß* und *E. Maurer* (Kruppsche Monatshefte, August 1920) gefunden, daß ein Stahlstück eines 20proz. Chromstahls, das monatelang der Laboratoriumsluft ausgesetzt war, völlig blank geblieben war, im Gegensatz zu anderen Stahlproben, die vollständig verrostet waren.

Eine ähnliche Beobachtung veröffentlichte Sir *R. Hadfield* im Jahre 1916 über einige Stahlproben mit etwa 10—12 % Cr, die er vor 20 Jahren seinem Privatmuseum eingefügt und vor kurzem im unveränderten blanken Zustande vorgefunden hätte.

Der Chromstahl zeigte aber noch ungenügende mechanische Eigenschaften, die durch Zusatz von Nickel verbessert werden sollten. Die darauf hergestellten hochlegierten Chromnickelstahle waren zunächst nicht brauchbar, da sie infolge ihrer Härte nicht bearbeitet werden konnten und auch durch das im allgemeinen bei Stahlen übliche Glühverfahren nicht weich zu erhalten waren. Nachdem durch die metallographische Untersuchung das Gefüge der verschiedenen Chromnickelstahle festgestellt war, gelang es durch besondere Wärmebehandlung die Chromnickelstahle bearbeitbar zu machen. Es wurden zwei Gruppen mit wesentlich verschiedenen physikalischen und chemischen Eigenschaften sowie verschiedener Struktur festgestellt, die sich durch hohe Widerstandsfähigkeit gegen Korrosion auszeichnen.

Zur ersten Gruppe mit martensitischem Gefüge gehören Stahle von der Zusammensetzung mit etwa 10 bis 15 % Cr und 1—3 % Nickel. Diese Stahle sind Selbsthärtner und werden bei rascher oder langsamer Abkühlung beim Schmieden oder beim Glühen hart. Durch Erhitzen bis kurz unter ihre Umwandlungstemperatur, die bei 680—750° liegt und langsames oder rasches Erkalten, erhalten diese Stahle ein troostosorbitisches Gefüge und werden in den bearbeitbaren Zustand übergeführt.

Eine zweite Gruppe von Chromnickelstahlen mit polyedrischem Gefüge — metallographisch Austenit genannt — erfordert eine von der ersten wesentlich verschiedene Wärmebehandlung, die in einer Erhitzung von 1100—1200° mit folgender rascher Abkühlung besteht. Zu dieser Gruppe gehören Stahle mit etwa 20—23 % Cr und 6—9 % Ni. Die Chromnickelstahle dieser Gruppe mit polyedrischem Gefüge sind vollständig unmagnetisch, während die Stahle der ersten Gruppe magnetisierbar sind. In beiden Gruppen ist der Kohlenstoffgehalt gering: etwa 0,1—0,3 %. Zwischen diesen beiden Gruppen liegt eine Gruppe von Stahlen mit Übergangsgefüge, welche ungünstige mechanische Eigenschaften zeigt.

Die Firma Krupp A.-G., Essen, der die Anwendung und das Wärmebehandlungsverfahren der nichtrostenden hochlegierten Chromnickelstahle durch Patente geschützt sind, hat sowohl aus der martensitischen Gruppe wie aus der austenitischen Gruppe einige neue Stahlmarken in die Praxis eingeführt.

Die Marke V 1 M mit etwa 60 kg Streckgrenze, 80 kg Festigkeit und 15 % Dehnung aus der marten-

sitischen Gruppe, eignet sich besonders für mechanisch hoch beanspruchte Maschinenteile, während die Marke V 2 A aus der austenitischen Gruppe mit etwa 40 Kilogramm Streckgrenze, 75 kg Festigkeit und 50 % Dehnung besonders widerstandsfähig gegen chemische Einwirkung ist und eine hohe Verschleißfestigkeit hat.

In der Spannungsreihe der Metalle, ermittelt nach der von *Bauer* verwendeten Methode (Mitteilungen aus dem K. Materialprüfungsamt 1918, Seite 121) mit 1 % Natriumchloridlösung als Elektrolyt, liegt V 2 A zwischen Kupfer und Silber.

Wie sehr diese hochlegierten Chromnickelstahle die bisher als am wenigsten rostenden Stahllegierungen angesehenen, hochprozentigen Nickelstahle hinsichtlich der Rosteicherheit sowie der Widerstandsfähigkeit gegen jede Art von Korrosion übertreffen, geht aus der folgenden Zusammenstellung hervor.

1. Rostung an der Luft (Versuchsdauer 30 Tage).

	Gewichtsabnahme
Flußeisen	100
9 % Nickelstahl	70
25 % Nickelstahl	11
V 1 M	0,4
V 2 A	0

2. Korrosion in Seewasser (Versuchsdauer 30 Tage).

	Gewichtsabnahme
Flußeisen	100
9 % Nickelstahl	79
25 % Nickelstahl	55
V 1 M	5,2
V 2 A	0,6

3. In Salpetersäure, 10 % kalt (Versuchsdauer 14 Tage).

	Gewichtsabnahme
Flußeisen	100
5 % Nickelstahl	97
25 % Nickelstahl	69
V 2 A	0

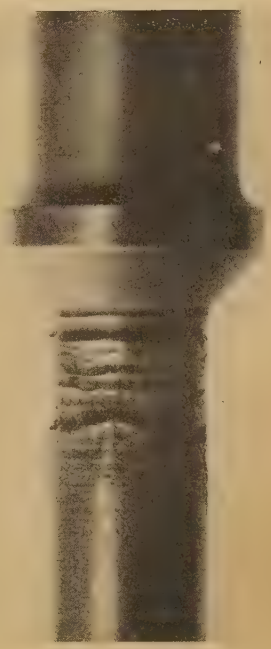
Ein polierter Stab aus der Stahllegierung V 2 A, der 1 Jahr lang zur Hälfte in Leitungswasser, zur Hälfte in der freien Luft der Atmosphäre ausgesetzt war, blieb vollkommen blank.

Der austenitische Stahl V 2 A zeigt auch sehr hohe Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung hoch erhitzter Gase und Dämpfe. Bei Erhitzung einer Probe im Ofen unter Luftzutritt bei 1000° C war nach 100 Stunden die Gewichtsabnahme bei

Flußeisen	416 g
V 2 A	6 g

Fig. 1. Teil eines Schaufelkranzes einer Dampfturbine, bei dem einzelne Segmente abwechselnd mit Schaufeln aus Stahl V 1 M und aus 5prozentigem Nickelstahl nebeneinander versehen worden waren.

V 2 A
Fig. 2.



Stahlbronze
Fig. 3.

Unterschied in dem Verhalten zweier Ventilspindeln aus nichtrostendem Chromnickelstahl V 2 A und aus Stahlbronze.

Fig. 1 zeigt einen Abschnitt einer Turbinenscheibe, bei welcher einzelne Segmente abwechselnd mit Schaufeln aus Stahl V 1 M und aus 5-prozentigem Nickel-

stahl nebeneinander versehen worden waren, um das Verhalten dieser Stahlsorten im Betrieb zu erproben. Die Turbine war 3 Jahre im Betrieb, und es zeigte sich nach dieser Betriebsdauer, daß die Schaufeln aus 5-proz. Nickelstahl infolge Verrostung unbrauchbar geworden, während die Schaufeln aus V 1 M vollständig unverändert geblieben waren.

Die Fig. 2 u. 3 zeigen den Unterschied in dem Verhalten zweier Ventilspindeln aus Stahlbronze und aus nichtrostendem Chromnickelstahl V 2 A. Während die Spindel aus Stahlbronze in einer 400-t-Presse bei 130 at Betriebsdruck in 6 Monaten 16-mal nachgearbeitet werden mußte, ist die Ventilspindel aus Chromnickelstahl V 2 A in 10 Monaten nur 6-mal ganz geringfügig nachgeschliffen worden.

Die Untersuchung führte zu dem Ergebnis, daß durch Anwendung einfacher Wärmebehandlungsverfahren zwei Gruppen von quaternären Chromnickelstahllegierungen der praktischen Verwendung zugänglich gemacht worden sind, die neben vorzüglichen Festigkeitseigenschaften im hohen Grade widerstandsfähig gegen jede Art von Korrosion und praktisch nicht rostend sind. Zum erstenmal ist auch eine Stahllegierung angegeben worden, die bei einem Eisengehalt von etwa 70 % in Wasser sowohl wie in Luft nicht rostet.

Die nichtrostenden Chromnickelstahle finden Verwendung für Turbinenschaufeln, Ventile aller Art, Düsenkörper, Plunger, für die verschiedenen Zwecke der chemischen Industrie, wie z. B. Salpetersäurepumpen und Rohrleitungen, ferner in neuerer Zeit auch für chirurgische und zahnärztliche Instrumente, Gebißplatten und Metallspiegel. *B. Strauß, Essen.*

Astronomische Mitteilungen.

Jährliche Refraktion und Lichtablenkung in der Nähe der Sonne. In A. N. 5056 untersucht *Courvoisier* auf Grund der nunmehr auch in Deutschland zugänglichen ausführlichen Veröffentlichung der Beobachtungsergebnisse der beiden englischen Sonnenfinsternisexpeditionen vom 29. Mai 1919 die Frage, inwieweit die auf den Sonnenfinsternisplatten gefundenen Verschiebungen der Sternörter in der nächsten Umgebung der Sonne von den von ihm in größeren Entfernungen gefundenen systematischen Verschiebungen, die er jährliche Refraktion genannt hat (vgl. Naturwiss. *26*, 514), beeinflußt sein können. Er wiederholt die Ausgleichung der Beobachtungen unter Einführung der den Einfluß der jährlichen Refraktion darstellenden Unbekannten neben denen des Einsteinschen Gravitationseffektes. Sein Ansatz lautet: $\alpha = \alpha_0 \frac{r_0}{r}$, $\varrho = \Delta\varrho \frac{r_0}{r} + (\varrho_0 - \Delta\varrho)$, worin α den Gravitationseffekt, ϱ den Refraktionseffekt, r den Abstand vom Sonnenmittelpunkt, r_0 die gewählte Einheit der Entfernungen (50′), α_0, ϱ_0 die für diese Entfernung stattfindenden Werte von α und ϱ bedeuten. Beobachtet wird natürlich die Summe $\alpha + \varrho$ der beiden Effekte. Im Mittel aus den Aufnahmen von Sobral und Principe ergab sich

$$\alpha_0 + \varrho_0 = + 0''{,}67 \pm 0''{,}06 \quad \text{(mittl. Fehler)}.$$

Nach der l. c. erwähnten empirischen Formel würde die jährliche Refraktion ϱ in $r = 50'$ $0''{,}55$ betragen, während α nach der Theorie ebenfalls gleich $0''{,}55$ sein müßte. Es wäre also $\alpha_0 + \varrho_0 = + 1''{,}10$ zu erwarten gewesen, wenn beide Effekte ihrem vollen Betrage nach zusammen beständen. Dies ist aber, dem von vornherein zu erwartenden Ergebnis der Ausgleichung nach zu urteilen, nicht der Fall. Es liegen nun zwei Möglichkeiten vor: Entweder ist der Gravitationseffekt α allein vorhanden und ϱ folglich am Sonnenrande sehr klein, was unter der Voraussetzung, daß die jährliche Refraktion eine wirkliche zirkumsolare Erscheinung ist, theoretisch begründet werden kann (vgl. *Harzer*, A. N. 4025); oder es ist umgekehrt die jährliche Refraktion ϱ allein vorhanden, die dann aber nahezu den gleichen Verlauf mit dem Abstande r wie α haben muß, was nach den bisher vorliegenden Beobachtungsdaten unwahrscheinlich ist. Die Verschiebungen der beiden am weitesten von der Sonne entfernten Sterne (Nr. 10 und 11), die allein ausschlaggebend sein können, stimmen nach den Sobralaufnahmen mit der ersten Annahme entschieden besser überein als mit der zweiten; sie sprechen also zugunsten der alleinigen Existenz des Einsteineffektes. Ihre Sicherheit ist aber wegen des stärkeren Eingehens der Unsicherheit des Skalenwertes der Platten nur gering, und noch viel zweifelhafter ist der extrapolierte empirische Verlauf der jährlichen Refraktion in der Nähe der Sonne.

Es ist bereits in der früheren Mitteilung über die jährliche Refraktion darauf aufmerksam gemacht worden, daß, wenn die jährliche Refraktion im wesentlichen eine physiologische Erscheinung sein sollte, wofür allerdings eine einleuchtende Erklärung bisher nicht gefunden ist, die photographischen Aufnahmen keine Verschiebungen im Sinne derselben zeigen würden. Ob statt dessen vielleicht die Möglichkeit rein photographischer Effekte vorliegen könnte, die in dem gleichen Sinne wie jährliche Refraktion und Einsteineffekt wirken, soll auf der Babelsberger Sternwarte noch besonders untersucht werden. Über den Ausfall der Untersuchung wird hier berichtet werden.

Courvoisier kommt auf Grund des Ergebnisses seiner Untersuchung zu dem Urteil, daß weitere Beobachtungen, sowohl in der nächsten Umgebung der Sonne, als auch in größeren Abständen, in denen der Gravitationseffekt verschwindend klein sein muß gegenüber dem Refraktionseffekt, nötig sind, um die Existenz des Einsteineffektes über allen Zweifel zu erheben. Dies dürfte sich mit der Meinung der meisten Astronomen decken.

Um nicht auf die seltenen und kurzen Momente einer totalen Sonnenfinsternis allein angewiesen zu sein, wird man versuchen müssen, Sternaufnahmen in der nächsten Umgebung der Sonne auch außerhalb einer Finsternis zu erhalten. Bereits eine einfache Prüfung mit einem Okularspektroskop an einem größeren Refraktor zeigt, daß die Helligkeitsverteilung im Spektrum sogar eines weißen Sternes von der Helligkeitsverteilung im Spektrum des blauen Tageshimmels sehr verschieden ist. Der größte Unterschied besteht, dem Augenschein nach zu urteilen, im roten Teil des Spektrums. Man wird daher zweckmäßig mit Rotfiltern und rotempfindlichen Platten (vielleicht sogar im ultraroten Spektralgebiet, wenn die Belichtungsdauer nicht zu groß wird) arbeiten. Derartige Versuche sind schon vor einigen Jahren mit ermutigendem Erfolg von *A. F.* und *F. A. Lindemann* (M. N. 77, 140) angestellt worden; sie scheinen aber nicht weiter fortgesetzt worden zu sein. *Guthnick.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 42. (Seite 815—838) **15. Oktober 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Die Versuche von F. Harress über die Geschwindigkeit des Lichtes in bewegten Körpern. Von *O. Knopf, Jena.* (Mit 6 Abbildungen.) S. 815.

Ueber das Brot in Krieg und Frieden. Von *C. Brahm, Berlin.* S. 821.

Besprechungen:

Engler, A., Das Pflanzenreich. Von *W. Wangerin, Danzig-Langfuhr.* S. 830.

Molisch, H., Anatomie der Pflanzen. Von *E. Küster, Bonn.* S. 831.

Knottnerus-Meyer, Zoologisches Wörterbuch. Von *W. May, Karlsruhe.* S. 832.

Dorno, C., Klimatologie im Dienste der Medizin. Von *A. Loewy, Berlin.* S. 832.

Jacoby, M., Einführung in die experimentelle Therapie. 2. Auflage. Von *R. Finkelnburg, Bonn.* S. 833.

Pröll, A., Flugtechnik. Von *K. Gaule, Danzig-Langfuhr.* S. 833.

Hirsch, Max, Ueber das Frauenstudium, eine soziologische und biologische Untersuchung auf Grund einer Erhebung. Von *St. Oppenheim, München.* S. 834.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 835-838.

Kritische Studien zu Glazialfragen Deutschlands. Brauchen wir eine Rassehygiene? Untersuchungsfahrt des Reichsforschungsdampfers „Poseidon" in das Barentsmeer im Juni und Juli 1913. Die direkte Verwendung von rohem Gaswasser zu Düngezwecken. Ueber das Vorkommen von Brenzkatechin und Hydrochinon in lebenden Pflanzen. Ueber Staubexplosionen. Kolloidale Elektrolyte.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.

Binokulares Mikroskop mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren

Mikrophotographische und Projektionsapparate

Mikrotome, Lupen und Lupenmikroskope ❖ Prismenfernrohre.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von **M. 1.50** für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser, Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., G. m. b. H. & Cie. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Die großen Handbücher

von Abderhalden, Abegg, Bredig, Dammer, Doelter, Gmelin-Krauth, Hertwig, Kolle-Wassermann, Lueger, Lunge, Muspratt, Richter, Rubner, Ullmann, Winkelmann u. a. **zur Erleichterung der Anschaffung** gegen bequeme Monats- oder **Quartalsraten** ohne Preisaufschlag von

Hermann Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Strasse 75

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang Berlin
Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche
Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

Mikroskopische Präparate
Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Testplatten, Mineralogie und Geologie. Bitte zu verlangen: Liste über neue Schulsammlung mit Textheft und weiteren Angaben über Kataloge etc.

J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (207)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Beachten
Sie die Besprechung
über
Jacoby, Einführung in die experimentelle Therapie
2. Auflage

auf Seite 833 dieser Nummer

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 15. Oktober 1920. Heft 42.

Die Versuche von F. Harreß über die Geschwindigkeit des Lichtes in bewegten Körpern.

Von O. Knopf, Jena.

I. Theoretisches.

Zur Erklärung der Aberration der Fixsterne reichte zwar die Annahme eines im Fixsternraum ruhenden Äthers, durch den sich die Himmelskörper ungehindert hindurchbewegen, vollkommen aus, nicht aber zur Erklärung der Tatsache, daß der Aberrationsbetrag der gleiche ist, möge man mit einem mit Luft oder mit Wasser gefüllten Fernrohr beobachten. Man hätte in letzterem Falle — unter n den Brechungsquotienten verstanden — das n^2-fache, bei mit Wasser gefülltem Fernrohr also das 1,7-fache der tatsächlichen Aberration erwarten sollen.

Um nicht die Vorstellung des im ganzen Fixsternsystem ruhenden Äthers aufgeben zu müssen, bediente man sich der von *Fresnel* schon im Jahre 1818 aufgestellten Hypothese von der partiellen Mitführung des Äthers mit der bewegten Materie. Danach bleibt der Äther, soweit ihm dieselbe Dichte im Weltenraum zukommt, vollkommen in Ruhe, der durch die größere Ätherdichte aber bedingte Überschuß an Äthermasse haftet am Körper bei dessen Bewegung.

Bezeichnet man mit ϱ_0 die Dichte des Äthers im Weltenraum und mit ϱ seine Dichte innerhalb des mit der Geschwindigkeit q sich bewegenden Körpers, so wird nach der Fresnelschen Hypothese nur der Bruchteil $\frac{\varrho - \varrho_0}{\varrho}$ des im Körper befindlichen Äthers mit der Geschwindigkeit q mit fortgeführt, und es wird daher $1 - \frac{\varrho_0}{\varrho}$ oder, da die Ätherdichten ϱ_0 und ϱ den Quadraten der entsprechenden Lichtgeschwindigkeiten c und c_0 umgekehrt proportional sind, der Ausdruck

$$1 - \frac{c_0^2}{c^2} = 1 - \frac{1}{n^2}$$

als *Mitführungskoeffizient* bezeichnet.

In einem mit der Geschwindigkeit q sich bewegenden Körper vom Brechungsquotienten n pflanzt sich daher das Licht in der Richtung der Körperbewegung bzw. entgegen dieser Richtung mit der Geschwindigkeit fort

$$c' = \frac{c}{n} \pm \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) q. \quad \ldots \quad (1$$

Vom Standpunkt der *Einsteinschen* Relativitätstheorie müssen die Erscheinungen der Aberration und der Änderung der Lichtgeschwindigkeit in bewegten Körpern eine andere Deutung erfahren, man gelangt aber auch hier wieder zur Formel (1) [1]) und es sind daher die nachher zu besprechenden Versuche zur Bestimmung des Mitführungskoeffizienten, wenn wir uns dieses

[1]) Der hierzu führende Weg ist folgender: Werden die Koordinaten eines Punktes eines Lichtstrahles und die Zeit, zu der der Lichtstrahl an diesem Punkt anlangt, im System S mit x, y, z, t, im System S' aber mit x', y', z', t' bezeichnet, und bewegt sich das letztere System gegen das erstere in der Richtung der wachsenden x und x' mit der Geschwindigkeit q, wobei die y-Achse zur y'-Achse und die z-Achse zur z'-Achse parallel sein soll, so dienen bekanntlich zur Umwandlung der Größen des einen Systems in die des anderen die Lorentztransformationen:

$$t' = \frac{1}{k}\left(t - \frac{q}{c^2}x\right); \qquad t = \frac{1}{k}\left(t' + \frac{q}{c^2}x'\right)$$

$$x' = \frac{1}{k}(x - q\,t); \qquad x = \frac{1}{k}(x' + q\,t')$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$k^2 = 1 - \frac{q^2}{c^2}.$$

Nehmen wir der Einfachheit halber an, daß der Lichtstrahl zur Zeit $t = 0$ durch den Koordinatenanfang des Systems S gehe, daß also $t = 0$, $x = 0$, $y = 0$, $z = 0$ zusammengehörige Werte seien, so geht der Lichtstrahl zur Zeit $t' = 0$, wie sich aus den obigen Gleichungen ergibt, durch den Koordinatenanfang des Systems S'.

Die drei Komponenten der Lichtgeschwindigkeit sind dann

$$\text{im System } S \quad v_x = \frac{x}{t}; \quad v_y = \frac{y}{t}; \quad v_z = \frac{z}{t};$$

$$\text{und im System } S' \quad v_x' = \frac{x'}{t'}; \quad v_y' = \frac{y'}{t'}; \quad v_z' = \frac{z'}{t'}.$$

Setzen wir für die Koordinaten und Zeiten die durch die Lorentztransformationen gegebenen Ausdrücke und dividieren Zähler und Nenner durch t bzw. t', so erhalten wir die Komponenten der Geschwindigkeit im einen System durch die für das andere System geltenden ausgedrückt, nämlich

$$v_x = \frac{v_x' + q}{1 + \frac{q}{c^2}v_x'}; \quad v_y = \frac{k\,v_y'}{1 + \frac{q}{c^2}v_x'};$$

$$v_z = \frac{k\,v_z'}{1 + \frac{q}{c^2}v_x'};$$

$$\text{und} \quad v_x' = \frac{v_x - q}{1 - \frac{q}{c^2}v_x}; \quad v_y' = \frac{k\,v_y}{1 - \frac{q}{c^2}v_x};$$

$$v_z' = \frac{k\,v_z}{1 - \frac{q}{c^2}v_x}.$$

Wollen wir die Geschwindigkeit des Lichtes in einem mit der Geschwindigkeit q sich bewegenden Körper wissen, wie sie einem außerhalb dieses Körpers befindlichen, ruhenden Beobachter erscheint, so denken wir uns den bewegten Körper mit dem Koordinaten-

auf der Vorstellung vom Äther beruhenden, in der Relativitätstheorie aber eigentlich kein Bürgerrecht mehr besitzenden Ausdruckes noch bedienen wollen, als Prüfsteine für die Relativitätstheorie von besonderer Wichtigkeit.

Bezeichnen wir die vom ruhenden Beobachter gemessene Geschwindigkeit mit v und die Geschwindigkeit $\frac{c}{n}$, die von einem mit dem Körper sich bewegenden Beobachter gemessen würde, mit v', so geht Gleichung (1) über in

$$v = v' \pm \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) q, \quad \ldots \ldots \quad (2$$

wo das obere Vorzeichen für gleichgerichtete, das untere für entgegengesetzte Bewegung von Lichtstrahl und bewegtem Körper gilt.

Nun ist aber, worauf Herr *Einstein* in den Astron. Nachr. *199*, S. 7, aufmerksam macht, sehr wohl zu beachten, in welcher Weise das Licht in den bewegten Körper eingeführt wird, da hiervon die Frequenz des in den Körper eingedrungenen Lichtes abhängt.

Dringt der Lichtstrahl in den Körper senkrecht zu dessen Bewegungsrichtung ein, wie das

Fig. 1.

bei dem nachher zu beschreibenden Harreßschen Versuch der Fall ist, so ist die Frequenz des Lichtstrahles vor und nach seinem Eintritt in den bewegten Körper dieselbe, und es ist die Geschwindigkeit im bewegten Körper gleich $\frac{c}{n}$, wie wir früher [Gleichung (1)] bereits geschrieben hatten, also

$$v = \frac{c}{n} \pm \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) q. \quad \ldots \ldots \quad (3$$

Dringt dagegen das Licht in den bewegten Körper parallel zur Bewegung des letzteren ein (s. Fig. 1), so gilt die Gleichung[1])

$$v = \frac{c}{n} \pm \left(1 - \frac{1}{n^2} - \frac{\lambda}{n^2}\frac{\mathrm{d}n}{\mathrm{d}\lambda}\right) q \quad \ldots \quad (4$$

system S' fest verbunden so zwar, daß die x'-Achse in die Richtung der Bewegung fällt. Dann ist

$$v_x' = \frac{c}{n}; \quad v_y' = 0; \quad v_z' = 0.$$

Vom ruhenden System S aus beobachtet man demnach die Geschwindigkeit des Lichtstrahles in dem bewegten Körper

$$v_x = \frac{\frac{c}{n} + q}{1 + \frac{q}{c^2}\cdot\frac{c}{n}} = \frac{c}{n} + \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) q.$$

Wir finden also auf Grund der Relativitätstheorie denselben Mitführungskoeffizienten wie früher [Gleichung (1)].

[1]) Die Ableitung von Gleichung (4) geschieht folgendermaßen: Nach dem Dopplerschen Prinzip hängt die Schwingungszahl des eingedrungenen Lichtstrahles ν' mit der vor dem Eindringen ihm eigenen Schwingungszahl ν in erster Näherung durch die Gleichung zusammen:

$$\nu' = \nu\left(1 \mp \frac{q}{c}\right).$$

Die zu der Lichtgeschwindigkeit v' in der Formel (2) gehörende Schwingungszahl ist daher gleich ν' und nicht gleich ν.

Um v' auf die Frequenz ν zu beziehen, entwickeln wir nach dem Taylorschen Lehrsatz

$$v'(\nu') = v'(\nu) \mp \frac{\nu\, q}{c}\frac{\mathrm{d}\, v'}{\mathrm{d}\,\nu}.$$

Es ist aber, da $\nu\lambda$ gleich der Geschwindigkeit c des Lichtes im leeren Raum, also gleich einem konstanten Wert ist,

$$\nu\,\mathrm{d}\lambda + \lambda\,\mathrm{d}\nu = 0,$$

folglich

$$\mathrm{d}\nu = -\frac{\nu}{\lambda}\mathrm{d}\lambda.$$

Ferner ist $v'(\nu)$ die Geschwindigkeit des Lichtes in dem Körper vom Brechungsquotienten n, also gleich $\frac{c}{n}$ und daher

$$v'(\nu') = \frac{c}{n} \pm \frac{\lambda\, q}{c}\frac{\mathrm{d}\, v'}{\mathrm{d}\lambda} = \frac{c}{n} \mp \frac{\lambda\, q}{n^2}\frac{\mathrm{d}\, n}{\mathrm{d}\,\lambda};$$

demnach

$$v = \frac{c}{n} \pm \left(1 - \frac{1}{n^2} - \frac{\lambda}{n^2}\frac{\mathrm{d}\, n}{\mathrm{d}\,\lambda}\right) q.$$

Diese Formel hätte Anwendung zu finden auf die von *Zeeman*[1]) in den Jahren 1914 und 1915 angestellten Versuche, wo das Licht in einem mit der Geschwindigkeit von 10 m sich bewegenden Quarzstab von 1 m Länge in der Richtung von dessen Bewegung eindrang. Die Versuche zeigten in der Tat recht befriedigende Übereinstimmung mit der Theorie.

Der dritte der von *Einstein* angeführten Fälle ist der, welcher in dem berühmten, im Jahre 1851 von *Fizeau*[2]) ausgeführten Versuch zur Prüfung der Fresnelschen Theorie des Mitführungskoeffizienten verwirklicht worden ist. Bei der von *Fizeau* und später auch von *Michelson*[3]) und *Morley*[4]) in verbesserter Form benutzten Anordnung wurde der von der Lichtquelle Q ausgehende Lichtstrahl (s. Fig. 2) durch die beiden Blendenlöcher B_1 und B_2 in zwei durch die Linse L_1 parallel gemachte Strahlen geteilt, die nach dem Durchgang durch eine mit fließendem Wasser an-

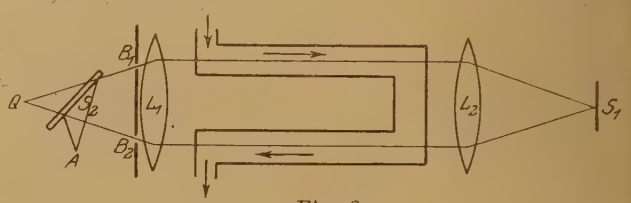


Fig. 2.

gefüllte Röhre durch die Linse L_2 wieder konvergent gemacht und vom Spiegel S_1 reflektiert wurden. Jeder der beiden Strahlen durchsetzte sodann die mit Wasser gefüllte Röhre auf dem

[1]) *P. Zeeman*, De voortplanting von het licht in bewegende, doorschijnende, vaste stoffen. (Kgl. Ak. d. W. zu Amsterdam.) 1919.

[2]) *H. Fizeau*: Compt. Rend. 33, 349, 1851.

[3]) *A. A. Michelson*: Am. Journ. of Sc. (*3*) 22, 120, 1881.

[4]) *A. A. Michelson* a. *E. W. Morley*: Am. Journ. of Sc. (*3*) 31, 377, 1886.

Weg, welchen beim ersten Durchgang der andere Strahl genommen hatte, aber in entgegengesetzter Richtung. Nach Reflexion an dem halbdurchlässigen Spiegel S_2 kamen sie hierauf in A wieder zusammen, und zwar mußten sie hier interferieren, wenn sie bei dem in entgegengesetzter Richtung geschehenden Durchgang durch das fließende Wasser eine Phasendifferenz erlitten hatten.

Hier kommen die Lichtstrahlen, erst nachdem sie in die mit Wasser gefüllte, ruhende Röhre eingetreten sind und die Geschwindigkeit $\frac{c}{n}$ angenommen haben, in die Teile der Röhre, in welchen das Wasser in der Richtung bzw. entgegen der Richtung der Lichtstrahlen fließt. Die Lichtstrahlen haben daher nach ihrem Eintritt in die Röhre zunächst noch dieselbe Frequenz ν, welche sie vor ihrem Eintritt hatten, und erst bei ihrem Übertritt in das fließende Wasser wird ihre Frequenz in

$$\nu' = \nu\left(1 \mp \frac{q}{\frac{c}{n}}\right) = \nu\left(1 \mp \frac{n\,q}{c}\right)$$

geändert. Es ergibt sich daher durch eine gleiche Entwicklung wie für Formel (4):

$$v = \frac{c}{n} \pm \left(1 - \frac{1}{n^2} - \frac{\lambda}{n}\,\frac{dn}{d\lambda}\right) q. \quad . \quad . \quad . \quad (5$$

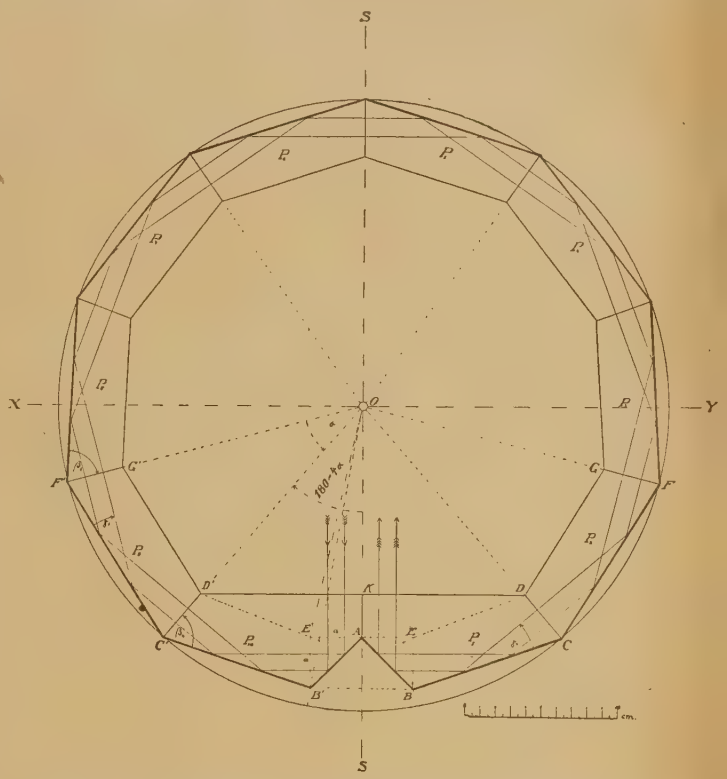
Als Mitführungskoeffizienten nach der Fresnelschen Auffassung würden in den drei eben besprochenen Fällen die Werte zu betrachten sein:

$$1 - \frac{1}{n^2};\quad 1 - \frac{1}{n^2} - \frac{\lambda}{n^2}\,\frac{dn}{d\lambda};\quad 1 - \frac{1}{n^2} - \frac{\lambda}{n}\,\frac{dn}{d\lambda}.$$

Fizeau benutzte eine Röhre von 1,5 m Länge und 5,3 mm lichter Weite; die Geschwindigkeit des Wassers betrug 7 m. Bei Stromumkehr verschoben sich die Interferenzstreifen nach der der früheren entgegengesetzten Seite. Als Resultat aus 19 Versuchen ergab sich eine Streifenverschiebung von 0,46 Streifenbreiten, in befriedigender Übereinstimmung mit dem theoretischen Wert 0,40. *Michelson* und *Morley* stellten zahlreiche Versuche mit Röhren von 28 mm Weite und 3—6 m Länge an; dem Wasser erteilten sie eine Geschwindigkeit von 8,72 m. Die Verschiebung der Interferenzfransen kam dadurch auf mehr als eine halbe Streifenbreite. Als Mitführungskoeffizient ergab sich der Wert 0,434 ± 0,002 (m. F.), während die Theorie nach Formel (5) 0,451 erfordert hätte.

II. Beschreibung des Harreßschen Apparates.

In den Jahren 1909—11 stellte mein damaliger Assistent, stud. astr. *F. Harreß*, nach einer von ihm erdachten Methode mehrere Versuchsreihen an, um den Mitführungskoeffizienten in einem bewegten Glaskörper zu bestimmen. Die Veröffentlichung ist in seiner Promotionsschrift unter dem Titel „Die Geschwindigkeit des Lichtes in bewegten Körpern" erfolgt. Hat sie auch bei vielen Gelehrten die ihr gebührende Beachtung gefunden — in den *Astr. Nachr. 198,* S. 377 gibt Herr *Harzer* wegen eines in ihr enthaltenen, das Resultat entstellenden Fehlers eine vollständige Neubearbeitung des Mitführungskoeffizienten aus den beobachteten Daten —, so ist sie doch, weil sie nicht in den Handel kam, vielen Naturwissenschaftlern, die ein Interesse für sie gehabt hätten, nicht bekannt geworden, und es sei daher auf Wunsch der Schriftleitung dieser Zeitschrift hier ein Auszug gegeben. Daß dies von mir geschieht, findet leider dadurch seine Erklärung, daß *Harreß* im Jahre 1915 fürs Vaterland gestorben ist.


S
X
Y
P
P
P

in entgegengesetztem Sinn, wenn man den Apparat erst in der einen und dann in der anderen Richtung rotieren ließ.

Die Beobachtung der Streifenverschiebung geschah sowohl visuell wie photographisch, beide Methoden lieferten gleiche Genauigkeit.

Als Lichtquelle wurde, nachdem zahlreiche Versuche, monochromatisches Licht zu verwenden, an dessen ungenügender Intensität gescheitert waren, eine 20-Ampère-Gleichstrombogenlampe benutzt. Um wenigstens einigermaßen monochromatisches Licht zu erhalten, wurde das Lampenlicht durch Filter aus gefärbten Gläsern geschickt, von denen für die zur Herleitung des Resultates benutzten Versuche ein rotes, hauptsächlich für Wellenlängen von 608—640 μμ durchlässiges und ein hellgrünes, hauptsächlich für die Wellenlängen 510—560 μμ durchlässiges Verwendung fand, das erstere bei visueller, das letztere bei photographischer Beobachtung.

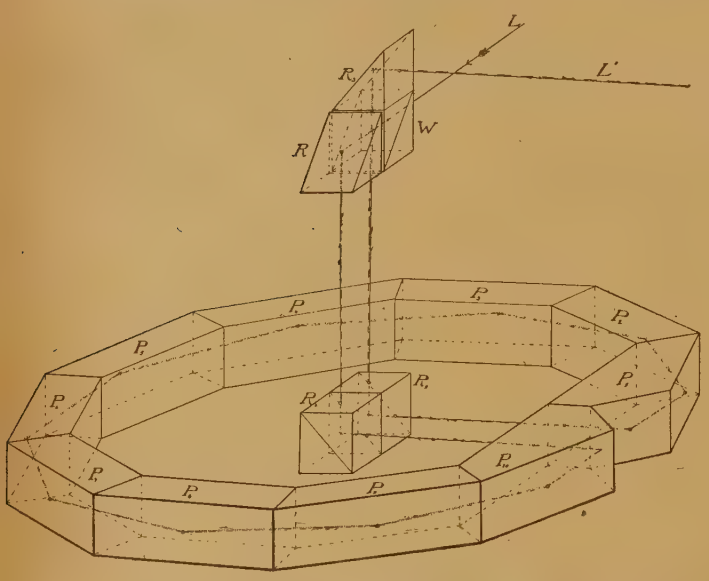


Fig. 4. Der zehnteilige Prismenkranz mit der anfänglichen Einrichtung (Würfel W und Prismen R, R_1, R_2 und R_3) für die Zuführung des Lichtes und seine Herausführung.

Fig. 4 zeigt die anfänglich getroffene Einrichtung der Zuführung des Lichtes in das Prismenpolygon und seine Herausführung. Aus der Richtung L kommend dringt das Licht in den diagonal durchschnittenen Würfel W ein, wo ein Teil durch die halbdurchlässig versilberte Diagonalfläche nach unten in das Prisma R_1 reflektiert wird, während der andere Teil durch die Silberschicht hindurchgeht und vom Prisma R nach unten ins Prisma R_2 reflektiert wird. Das erstere Strahlenbündel nimmt demnach den Weg $LWR_1P_1 \ldots P_{10}R_2RWR_3L'$, das andere den Weg $LWRR_2P_{10} \ldots P_1R_1WR_3L'$.

Bei der endgültigen Form, die der Apparat für die Versuche bekommen hatte, saßen der Würfel W und das Prisma R direkt auf den Prismen R_1 und R_2, mit denen sie in einer Rotgußfassung vereinigt waren, und nahmen daher wie diese an der Rotation des Prismenkranzes mit teil. W, R_1 und R_2 waren verkittet, das Prisma R jedoch war beweglich für die Korrektion des Strahlenganges, auch konnte zu diesem Zweck das ganze Mittelstück etwas gedreht und gekippt werden. In Fig. 5, welche das Mittelstück und den Strahlengang zwischen diesem und dem Prismenpolygon veranschaulicht, ist rechts noch ein Schnitt *abdec* durch den Körper bei XX um 90° gedreht gezeichnet. Die Richtung S gibt die Richtung und Lage der Rotationsachse des Apparates an.

Zur Vermeidung von störenden Reflexbildern wurden die Flächen, durch die der Lichtstrahl ein- und austrat, alle abgeschrägt; der Winkel des abgeschliffenen Keiles betrug 6°. Durch den Keil *cde* bekam der Strahl, wie aus Fig. 5 zu erkennen, eine etwas nach unten gehende Richtung *fg*, die durch den der Eintrittsfläche des Prismenpolygons angeschliffenen Keil wieder in die horizontale Richtung übergeführt wurde. Zur vollen Ausnutzung der Glasflächen mußte das Mittelstück einige Millimeter höher gestellt werden als der Prismenkranz. Auch das um O oder vielmehr um einen etwas hinter O gelegenen Punkt drehbare Prisma hatte bei M und N Winkel von 39 ° angeschliffen bekommen.

Das Prisma R_3 in Fig. 4, durch welches die Strahlen nach L' hin geworfen werden, wurde von dem Arm eines eisernen Gestelles gehalten.

Bei Ausführung der Versuche waren es statt des einen Prismas R_3 deren zwei nebeneinander stehende, so daß nicht nur bei der vorhin betrachteten Stellung des Prismenkranzes, sondern auch nach Drehung desselben um 180 ° die aus ihm austretenden zwei Strahlenbündel in die Richtung L' geworfen werden konnten. Das von der Lampe L kommende Licht mußte zu diesem Zweck aus zwei diametralen Richtungen dem Mittelstück zugeführt werden.

Jedes dieser Strahlenbündel wurde, wie wir schon sahen, im Mittelstück in zwei kohärente Strahlenbündel gespalten, die in verschiedener Richtung das Polygon JH durchliefen und hierbei eine Phasendifferenz erhielten. Nachdem sie im Mittelstück wieder zur Vereinigung gekommen waren, wurden sie durch eines der darüber befindlichen Prismen R behufs visueller oder photographischer Beobachtung der infolge der Phasendifferenz auftretenden Interferenzerscheinung weiter in den Apparat reflektiert[1]).

Der mechanische Teil des Apparates wurde ebenso wie der optische von der Firma *Zeiß* unentgeltlich hergestellt. Die Berechnung und Ausführung lag in den Händen des Betriebsleiters Herrn *M. Berger*. Da der Apparat noch bei 3000 Touren in der Minute trotz des großen Gewichtes der rotierenden Massen in beiderlei Richtung tadellos und ohne Gefahr des Zerspringens

[1]) Eine eingehendere, durch Figuren erläuterte Beschreibung der Versuchsanordnung und der Beobachtungsmethode findet sich in dem gleich betitelten Aufsatz des Verfassers in den Annal. d. Phys., IV. Folge, Bd. *62*. 1920.

laufen sollte, wurde nur bestes Material zu seiner Herstellung benutzt und auf diese selbst höchste Sorgfalt verwandt. Seine Aufstellung fand er im Keller der Universitäts-Sternwarte, wo er in den Zementboden mittels vier starker Schrauben eingelassen wurde, worauf der Fuß mit Zement ausgegossen wurde. — Die Achse, welche den tellerförmigen Behälter des Prismenkranzes trug, war ¾ m groß. Durch ein Zählwerk wurde nach je 50 Umdrehungen der Achse ein Zeichen gegeben. Zum Antrieb des Apparates diente ein 5-PS-Gleichstrommotor (110 V) älteren Modells von *Siemens-Schuckert*. Seine Achse lag horizontal, die Übertragung geschah durch einen gekreuzten und geleimten Riemen.

III. Die Abmessungen des Prismenpolygons.

Das Prismenpolygon, der hauptsächlichste Teil des Apparates, bestand aus zehn Prismen, von denen acht, die Prismen $P_2, \ldots, P_9$ (Fig. 3) einander gleich waren, während die Prismen P_1 ($BCDE$) und P_{10} ($B'C'D'E'$) eine etwas andere Gestalt bekommen mußten, weil durch die ihnen anliegenden Reflexionsprismen ABE und $AB'E'$ senkrechter Eintritt und Austritt der Strahlen erfolgen sollte. Die Gestalt der Prismen war also dadurch bedingt, daß ein senkrecht auf EE' auffallendes Strahlenbündel, nachdem es an den Rückwänden der zehn Prismen totale Reflexion erlitten hatte, senkrecht aus EE' austreten sollte. Jedes der Endprismen P_1 und P_{10} sollte mit seinem anliegenden Reflexionsprisma zusammen aus einem einzigen Glasstück bestehen. Da die Herstellung jedoch wegen der bei E und E' einspringenden Winkel sehr unbequem gewesen wäre, wurde den Stücken die Form $ABCDK$ und $AB'C'D'K$ gegeben.

Die Seitenlängen der Prismen, CD, FG usw., waren dadurch bestimmt, daß die Prismen nicht dicker werden sollten als unbedingt nötig war, daß also die äußersten an den Rückwänden der Prismen total reflektierten Strahlen gerade noch durch die inneren Ecken des Polygons hindurchgingen.

Führt man für die in Fig. 3 auftretenden Strecken und Winkel folgende Bezeichnung ein:

$\sphericalangle COF = C'OF' = \alpha$ (Zentriwinkel eines der 8 gleichen Prismen P_2 bis P_9)

$AE = AE' = BE = CD = \ldots = a$

$EC = E'C' = b$

$OC = r$ (Radius des dem Polygon umschriebenen Kreises)

$CF = s_1$ (Seitenlänge der 8 gleichen Prismen)

$CB = s_2$ (Seitenlänge der beiden Prismen P_1 und P_{10}),

so ist $\sphericalangle SOC = SOC' = 180° - 4\alpha$,

ferner $a = b \operatorname{ctg} 2\alpha$

$$b = r \sin 4\alpha - a$$

$$r = \frac{a}{2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}.$$

Hieraus ergibt sich zur Bestimmung von α die Gleichung

$$\frac{\sin^2 \frac{\alpha}{2} (1 + \operatorname{tg} 2\alpha)}{\sin 4\alpha} - \frac{1}{2} = 0,$$

welche nur die eine brauchbare Lösung zuläßt:

$$\alpha = 34° 45' 17{,}5''.$$

Der Radius r des umschriebenen Kreises wurde zu 200 mm festgesetzt. Daraus ergibt sich für alle Prismen $a = 35{,}68$ mm.

Wurden ferner die Dicken der Prismen P_2 bis P_9 mit d_1, die von P_1 und P_{10} mit d_2, ferner die Winkel zwischen Seitenflächen und Reflexionsflächen mit β_1 und β_2, und die Neigungswinkel

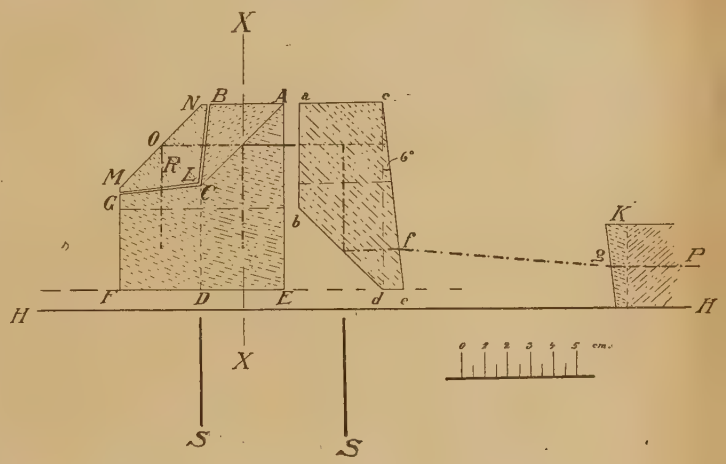


Fig. 5. Endgültige Form der Zuführung des Lichtes und Strahlengang zwischen Mittelstück und Prismenkranz. S Rotationsachse, *abdec* um 90° gedrehter Schnittlänge XX) durch den Körper.

der Strahlen gegen die Reflexionsebenen mit γ_1 und γ_2 bezeichnet, so ergab sich

für die 8 Prismen P_2 bis P_9	für die 2 Prismen P_1 und P_{10}
$s_1 = 119{,}47$ mm	$s_2 = 101{,}93$ mm
$d_1 = 34{,}05$ mm	$d_2 = 33{,}42$ mm
$\beta_1 = 72° 37' 21{,}2''$	$\beta_2 = 69° 30' 35''$
$\gamma_1 = 17° 22' 38{,}8''$	$\gamma_2 = 20° 29' 25''$

Die Austrittsflächen wurden quadratisch gewählt, so daß die Prismenhöhe $h = 35{,}68$ mm betrug.

Die Weglängen im Glase waren für alle Strahlen einander gleich, nämlich

$l = 8 s_1 \sin \beta_1 + 2 s_2 \sin \beta_2 + 2a + 2a \cos (180° - 4\alpha)$

oder $l = 1228{,}4$ mm.

Die Wege zweier zur Interferenz kommenden Strahlen, die im Abstand a auf die Fläche DD' (Fig. 3) einfielen, waren hiernach natürlich auch einander gleich, aber sie waren nicht miteinander identisch. Dies würde der Fall gewesen sein, wenn *Harreß* den Prismenkranz aus einer ungeraden Anzahl Prismen hergestellt hätte, doch glaubte er — vielleicht fälschlicherweise — dadurch keinen besonderen Vorteil erzielen zu können.

IV. Die Formel für die Streifenverschiebung.

Im Falle einer Lichtzuführung, wie sie bei dem Harreßschen Versuch verwirklicht ist, ist nach Formel (3) auf S. 816 die Geschwindigkeit des Lichtes in einem mit der Geschwindigkeit q sich in gleicher Richtung bewegenden Körper vom Brechungsindex n für einen außerhalb des Körpers stehenden Beobachter gleich

$$\frac{c}{n}+\left(1-\frac{1}{n^2}\right)q.$$

Bezeichnen wir den durch das Experiment zu bestimmenden Mitführungskoeffizienten mit x, so ist die Geschwindigkeit des Lichtes gleich

$$\frac{c}{n}+q\,x.$$

Die Länge eines vom Licht zu durchlaufenden Glasstabes sei l, und die Anzahl Sekunden, die das Licht braucht, um ihn während seiner Bewegung zu durchlaufen, sei y. Dann ist die Strecke, welche das Licht zurücklegen muß, um vom Anfang des Stabes bis zu seinem Ende zu kommen, weil dieser sich für den ruhenden Beobachter in y Sekunden um $q\,y$ Längeneinheiten fortbewegt hat, $l+q\,y$;

folglich $$y=\frac{l+q\,y}{\frac{c}{n}+q\,x}$$

oder $$y=\frac{l}{\frac{c}{n}-q\,(1-x)}.$$

Bewegt sich der Glasstab dem Lichtstrahl entgegen, so ist die zum Durchlaufen des Glasstabes nötige Zeit:

$$y_1=\frac{l}{\frac{c}{n}+q\,(1-x)};$$

demnach $$y-y_1=\frac{2\,l\,n^2\,q\,(1-x)}{c^2},$$

wenn wir Glieder von der Größenordnung $\frac{q^2}{c^2}$ vernachlässigen.

Die Wegdifferenz beider Strahlen ist dann gleich

$$\frac{2\,l\,n^2\,q\,(1-x)}{c}$$

oder in Wellenlängen des angewandten Lichtes ausgedrückt,

$$\Delta=\frac{2\,l\,n^2\,q\,(1-x)}{\lambda\cdot c}. \quad \ldots \quad (6$$

Erleiden die zwei das Prismenpolygon in entgegengesetzter Richtung durchlaufenden Strahlen gegeneinander eine Verzögerung um Δ Wellenlängen, so verschieben sich die Interferenzstreifen um Δ Streifenbreiten. Die bei den Versuchen beobachtete, in Streifenbreiten gemessene Streifenverschiebung ist daher gleich Δ zu setzen.

Bei der von *Harreß* getroffenen Versuchsanordnung erfahren die Lichtstrahlen in jedem Prisma eine Reflexion, so daß der gesamte Weg sich aus mehreren Teilstrecken zusammensetzt. Jede dieser letzteren erstreckt sich aber über Teile des Glaskörpers, welche verschiedene lineare Geschwindigkeit besitzen, und es ist daher erst zu untersuchen, ob die Mitführung des Lichtes längs einer Teilstrecke überall dieselbe ist.

Ist ω die Rotationsgeschwindigkeit des Prismenkranzes, so ist die Geschwindigkeit des dem Strahl LL' zugehörigen Punktes P (s. Fig. 6), welcher den Abstand r_0 vom Zentrum besitzt, gleich $r_0\,\omega$. Im Punkte P_1, welcher vom Zentrum

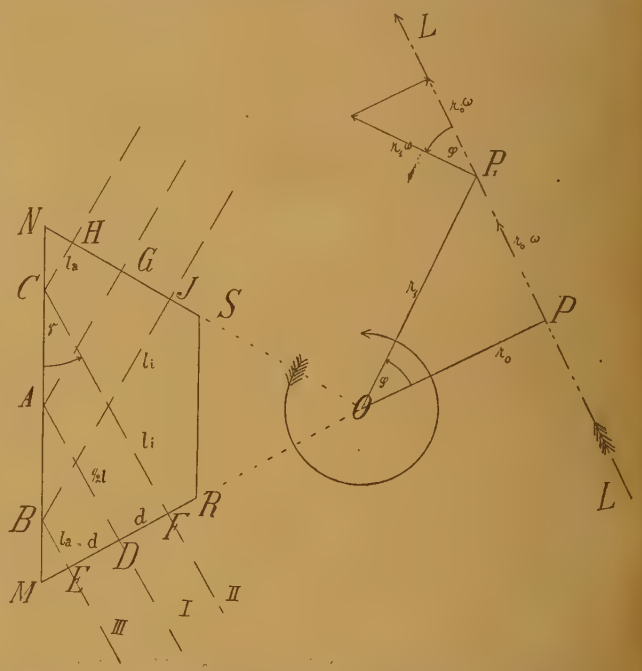


Fig. 6. Zur Untersuchung, ob die Mitführung des Lichtes längs einer Teilstrecke, die das Licht bei der Reflexion in jedem Prisma durchläuft, überall dieselbe ist.

um r_1 entfernt ist, hat der Glaskörper die Geschwindigkeit $r_1\,\omega$; in die Richtung des Lichtstrahles LL' entfällt aber hiervon nur der Betrag $r_1\,\omega\cos\varphi$, wenn φ der von den Richtungen OP und OP_1 eingeschlossene Winkel ist. Da aber $r_1\cos\varphi=r_0$, so erhalten wir als die Komponente der Bewegung des Glaskörpers, welche in die Richtung des Lichtstrahles fällt, wieder $r_0\,\omega$, d. h. die Komponente der Geschwindigkeit eines Punktes des Glaskörpers in der Richtung des Lichtstrahles ist, solange dieser seine Richtung beibehält, gleich dem Produkt aus der Winkelgeschwindigkeit des Körpers in das Lot vom Rotationszentrum auf die Richtung des Lichtstrahles.

Bezeichnen wir die einzelne Teilstrecke mit l und das Lot auf sie mit r, so haben wir also

$$\Delta=\frac{2\,n^2\,(1-x)}{\lambda\,c}\,\omega\,\Sigma\,l\,r. \quad \ldots \quad (7$$

Die Rotationsgeschwindigkeit ω wurde durch eine am Apparat angebrachte Tourenzählvorrichtung bestimmt, indem nach je 50 Umdrehungen

eine Marke auf einem Chronographen aufgezeichnet wurde. Betrug die Zwischenzeit zwischen zwei solchen Marken z Minuten, so war

$$\omega = \frac{2\pi \cdot 50}{z}$$

und demnach $\Delta = \frac{200\, n^2 \pi\, (1-x)}{z\, \lambda\, c}\, \Sigma l r$. . . . . (8

Die Produktensumme Σlr hat, wie sich mittels der Fig. 6 leicht zeigen läßt, ein Maximum für den Mittelstrahl und fällt rasch ab für die seitlich von ihm liegenden Strahlen.

Bei den Versuchen war nun *Harreß* sehr darauf bedacht, die Bogenlampe in der Höhenstellung zu erhalten, daß die bei der Erzeugung der Interferenzbilder hauptsächlich zur Wirkung kommenden Strahlenbündel als Mittelstrahlen den Prismenkranz durchsetzten, und er hat demgemäß die auf den Mittelstrahl sich beziehende Produktensumme Σlr in die Rechnung eingeführt. Bei Bildung dieser Summe waren alle Strecken zu berücksichtigen, die mit dem Apparat zugleich rotierten, auch, was von *Harreß* nicht geschah, die Strecken in Luft zwischen Mittelstück und Prismenkranz, auf denen der Mitführungskoeffizient allerdings gleich Null zu setzen ist; Strekken, auf welchen der Lichtstrahl in entgegengesetzter Richtung um das Rotationszentrum herumgeführt wird, müssen natürlich verschiedenes Vorzeichen erhalten.

V. Die Resultate.

Für die bei den visuellen Beobachtungen benutzte Wellenlänge $\lambda = 625\ \mu\mu$ und den Brechungsquotienten $n_{625} = 1{,}571\,67$ ergab Formel (8):

$$x_{625} = 0{,}996\,27 - 0{,}590\,04\, z\, .\, \Delta;$$

für die bei den photographischen Aufnahmen benutzte Wellenlänge $\lambda = 535\ \mu\mu$ und den Brechungsquotienten $n_{535} = 1{,}576\,65$ ergab Formel (8):

$$x_{535} = 0{,}996\,29 - 0{,}501\,88\, z\, .\, \Delta.$$

Die vier mit jeder Lichtart angestellten Versuchsreihen lieferten:

Reihe	Anzahl der Beobachtungen	x_{625}
1	13	$0{,}595 \pm 0{,}0040$ (m. F.)
2	12	$0{,}594 \pm 0{,}0031$
3	20	$0{,}585 \pm 0{,}0029$
4	35	$0{,}589 \pm 0{,}0018$

Reihe	Anzahl der Beobachtungen	x_{535}
1	15	$0{,}573 \pm 0{,}0050$ (m. F.)
2	20	$0{,}560 \pm 0{,}0036$
3	9	$0{,}581 \pm 0{,}0038$
4	14	$0{,}587 \pm 0{,}0030$

woraus

$x_{625} = \mathbf{0{,}590} \pm 0{,}0013$ und $x_{535} = \mathbf{0{,}577} \pm 0{,}0018$.

Daß *Harreß* etwas andere Werte findet, hat darin seine Ursache, daß er, abgesehen von einigen nicht ins Gewicht fallenden Rechenfehlern bei Ableitung des Ausdrucks für die Größe der Streifenverschiebung, für $1 - x$ fälschlich x gesetzt hat.

Der Theorie nach sollten sich die Werte ergeben

$$x_{625} = 0{,}5952 \text{ und } x_{535} = 0{,}5977.$$

Da die Abweichungen zwischen den einzelnen Versuchsreihen zum Teil größer sind als die mittleren Fehler, so stecken zweifellos noch systematische Fehler in den Resultaten aus den einzelnen Reihen. In der Tat kann man bei einigen Beobachtungsreihen einen Gang der Einzelresultate erkennen, was auf Änderung des Apparates, insbesondere des Prismenkranzes während der Beobachtungen hindeutet. Zweifellos hat der Apparat im Laufe der Zeit an Güte nachgelassen, denn während anfangs die Interferenzstreifen noch bei 1800 Umdrehungen des Apparates in der Minute gut zu sehen waren, war das später während der Anstellung der für die Ableitung der Resultate verwendeten Versuche nur noch bei 750 Umdrehungen der Fall. Bei einer Wiederholung der Versuche dürften sich die von *Harreß* gemachten und ausführlich von ihm mitgeteilten Erfahrungen als recht wertvoll erweisen.

Über das Brot in Krieg und Frieden.

Von C. Brahm, Berlin.

Von allen Nahrungsmitteln des Menschen ist keines so wichtig wie das Brot, da es die Grundlage für die Ernährung des gesitteten Menschen bildet. Die Benutzung der Getreidekörner als menschliche Nahrung war der erste Schritt zur Kultur. Der Anbau des Getreides fesselte die ältesten Nomadenvölker an eine feste Scholle, er gebot ihrem Umherwandern Halt und machte der ausschließlichen Ernährung durch Jagd und Fischfang ein Ende.

Einen vollständig mythischen Charakter trägt die Geschichte des ersten Getreidebaues. Sie ist zwar stets eng verbunden mit jener der Gesittung eines jeden Volkes, aber ein bestimmter und zuverlässiger Anhaltspunkt kann nirgends aufgefunden werden. Entweder stößt man in der Geschichte irgendeines Volkes plötzlich auf Notizen, welche zeigen, daß eine gewisse Getreideart bereits seit undenklichen Zeiten kultiviert und verzehrt worden ist und daß man dies nicht besonders erwähnt hat oder man findet in der Mythologie schöne Sagen von Göttern und Halbgöttern, welche vom Himmel auf die Erde herabstiegen, um den Menschen mit der Wohltat des Ackerbaues zugleich auch den ersten Anfang zu fortschreitender Kultur zu bringen.

Der Getreidebau ist heute das Gemeingut aller zivilisierten Völker. Wer zuerst Getreide gesät und geerntet hat und wo die Heimat des Getrei-

debaues zu suchen ist, ist nicht festzustellen. Höchstwahrscheinlich haben sich die verschiedenen Getreidearten von Zentralasien aus über die bewohnte Erde verbreitet. Die Phönizier dürften in vielen Ländern den Getreidebau eingeführt haben. In Ägypten, dem von der Natur so überaus begünstigten Lande, brachte der durch die regelmäßigen Überschwemmungen des Nils befruchtete Boden so reiche Ernten hervor, daß von dort aus schon früh ein bedeutender Getreidehandel sich entwickelte. Die Griechen erhielten von diesem Lande aus die Kenntnis von dem Getreidebau und kultivierten besonders Gerste und Weizen. Von den Griechen lernten die Römer die Behandlung des Getreides und durch ihre Kriegszüge brachten sie auch den Abendländern die Bekanntschaft mit den Brotfrüchten. Besonders waren es Weizen, Gerste und Spelt, die angebaut wurden, während der Roggen erst im Abendlande bekannt wurde, als während der Völkerwanderung die Slawen und Hunnen aus ihrer Heimat im Osten hervorbrachen.

Jetzt ist der Getreidebau über die ganze Erde verbreitet. Alle Nationen betreiben ihn und selbst unter den wenigen nomadisch lebenden Stämmen Amerikas wird das Bedürfnis desselben lebhaft empfunden, wie dies am besten aus einer Rede eines indianischen Häuptlings an seinen Stamm hervorgeht. Sie zeigt, daß die geistig Bevorzugten wilder streifender Nationen die Segnungen des Getreidebaues noch heute begreifen und erfassen, ebenso wie sie vor Jahrtausenden Osiris und seine Geistesverwandten aufgenommen haben. Der Häuptling sagte zu seinen Stammesbrüdern: „Seht Ihr nicht, daß die Weißen von Körnern, wir aber von Fleisch leben? Daß das Fleisch mehr als 30 Monden braucht, um heranzuwachsen und oft selten ist? Und daß jedes dieser wunderbaren Körner, die sie in die Erde streuen, ihnen mehr als hundertfältig zurückgegeben wird? Daß das Fleisch, von dem wir leben, vier Beine hat, um fortzulaufen, daß wir aber nur zwei haben, mit denen wir es haschen. Daß die Körner aber da, wo die weißen Männer sie hinsäen, bleiben und wachsen? Daß der Winter, der für uns die Zeit der mühsamen Jagden, für sie die Zeit der Ruhe ist? Darum haben sie so viele Kinder und leben länger als wir. Ich sage also jedem, der mich hören will, bevor die Cedern unseres Dorfes vor Alter werden abgestorben sein und die Ahornbäume des Tales aufhören, uns Zucker zu geben, wird das Geschlecht der kleinen Kornsäer das Geschlecht der Fleischesser vertilgt haben, wofern die Jäger sich nicht entschließen zu säen."

Vom Bekanntwerden der eßbaren Getreidekörner bis zur Herstellung unseres heutigen Brotes war aber noch ein weiter Weg zurückzulegen. Ursprünglich wurde das Getreide roh genossen. Einen Fortschritt bedeutete es schon, als man die Körner, die häufig vorher in heißer Asche geröstet waren, in hölzernen Mörsern durch Holzkeulen zerkleinerte, um aus dem so erhaltenen Pulver einen Brei zu bereiten. Hierbei trennte man schon häufig durch Sieben die sich ablösenden Hülsen von dem Mehlkern. Fast bei allen Völkern bildete ein aus solchem Mehl bereiteter Brei die erste Nahrung. Die Konsistenz des Breies wurde nach und nach fester, man kam zum Teig, der gebacken wurde, um Nahrung für längere Zeit im voraus bereiten und aufbewahren zu können. Ein dünner Fladen, ein ungegorenes Gebäck war die erste Form des Brotes, der bei den Griechen meist aus Gerstenmehl bereitet wurde und μᾶζα genannt wurde. Die römische Bezeichnung war puls. Neben diesem ungesäuerten Brot fanden sich auch bei Römern und Griechen aus Weizen bereitete gesäuerte Brote. Der Gebrauch, durch Gärung den Brotteig zu lockern, ist uralt, da schon in der Bibel erwähnt wird, das die Israeliten beim Auszuge aus Ägypten keine Zeit fanden, gegorenes Brot herzustellen. Die Griechen und Römer bedienten sich als Gärungserreger einer an der Sonne getrockneten Mischung von Kleie und gärendem Most. Zur Zeit des *Plinius* kannte man schon Sauerteig, den man von einem zum anderen Tag aufbewahrte. Die Form der Brote bei den Alten war meistens rund und in vier Teile gekerbt.

Die Herstellung des Brotes war in alten Zeiten Aufgabe der Frauen und der Sklaven. Eine Trennung der Bäckerei und Müllerei fand nicht statt. Denn in Pompeji fanden sich in den Bäckereien auch Mühlen, die zur Mehlbereitung dienten. Sie bestanden aus zwei Steinen, deren unterer ein senkrecht mit der Spitze nach oben aufgestellter Kegel war, während der obere aus einer Röhre besteht, welche an beiden Enden glockenartig erweitert ist. Die eine der Glocken wurde über den massiven Kegel gestülpt. Durch Einsatz einer metallenen Platte wurde der Zwischenraum zwischen den beiden Mahlsteinen reguliert. Siebvorrichtungen müssen im Altertum schon benutzt worden sein, dafür sprechen schon die Unterscheidungen von Blütenmehl, Mittelmehl, grobem Mehl und Kleie, die schon *Plinius* erwähnt. Sehr interessant ist die Angabe, daß man bei den Römern auf Reinlichkeit im Bäckerhandwerk ein sehr großes Gewicht legte. Die Sklaven trugen beim Kneten des Teiges Handschuhe und arbeiteten mit verbundenem Munde, damit der Hauch des Kneters nicht mit dem Teig in Berührung kam. Die im Altertum benutzten Backöfen entsprechen in ihrer Einrichtung im wesentlichen den heutigen mit Holz geheizten Backöfen.

Von allen Getreidearten haben zur Brotbereitung das größte Interesse der Weizen und der Roggen. Von Hafer, Gerste, Mais, Reis, Bohnen usw. wird zwar ebenfalls Brot bereitet, doch ist die Verwendung dieser Getreidearten auf einzelne Gegenden beschränkt und dient dann auch vorzugsweise nur als Zusatz zu anderen Getreide-

arten. Der Weizen Triticum, von dem es viele Abarten gibt, gehört zu den Gräsern. In der Praxis unterscheidet man die Weizensorten nach der Härte ihrer Körner als Weich-, Halbhart- und Hartweizen oder als mehlige und glasige Weizen. Was die chemische Zusammensetzung des Weizenkornes angeht, so sei darauf hingewiesen, daß die Bestandteile in den Getreidekörnern nicht in einem homogenen Gemenge vorkommen. Man kann vielmehr an einem Getreidekorn vier Teile unterscheiden. Eine äußere fast nur aus Zellulose bestehende Haut umgibt eine an Eiweißstoffen sehr reiche Schicht, die Aleuron- oder Kleberschicht, und diese wieder umhüllt den eigentlichen Mehlkörper. Ferner ist noch der zwischen der Eiweißschicht und dem Mehlkörper seitlich liegende Keim zu nennen. Chemisch betrachtet enthält das Getreidekorn vier große Gruppen von Substanzen: Wasser, stickstofffreie organische Substanzen, stickstoffhaltige organische Substanzen und mineralische Bestandteile.

Die stickstofffreien organischen Substanzen bestehen aus Zellulose, Stärke, Zucker, Gummi und Dextrin und aus Fett. Die Hauptmasse der Kohlenhydrate besteht aus Stärke, die zu etwa 73 % im wasserfreien Korn enthalten ist, außerdem finden sich noch 6—7 % Zucker, Dextrin und den Kohlenhydraten verwandte Stoffe. Der Gehalt an Fett schwankt zwischen 1,5—2 %. Dasselbe findet sich zum größten Teil im Keimling, eine Fettquelle, die man besonders in der Kriegszeit auszunutzen verstand, dadurch, daß man bei der Vermahlung die Keimlinge absonderte und daraus ein für menschliche Ernährungszwecke, besonders für die Margarinefabrikation recht brauchbares Fett gewann. Der Gehalt des Weizenkorns an Eiweißstoffen liegt im Mittel zwischen 13,5 und 14,5 %, wobei bemerkt sei, daß die Sommerweizen etwa 2 % mehr Eiweiß enthalten als die Winterweizen. Die glasigen Körner sind die proteinreichsten.

Die Technik der Mehlbereitung kann nur kurz gestreift werden. Man unterscheidet Flach- und Hochmüllerei. Diese Bezeichnung rührt noch aus der Zeit her, wo der Weizen hauptsächlich auf Steinen vermahlen wurde. Das System des Flachmahlens bildete sich in solchen Ländern aus, wo milde, weiche Weizensorten zur Vermahlung gelangten. Hierbei wurde der Mühlstein so eng, d. h. so flach wie möglich gestellt, daß man beim einmaligen Schroten des Getreides einen möglichst hohen Prozentsatz an Mehl und feinen Griesen erhielt, und daß die Schale bei diesem einmaligen Schrotprozeß vollständig vom Mehl befreit war. Zur Vermahlung von harten Weizen, die besonders kleberreich sind, eignet sich dieses Verfahren nicht. Beim flachen Zusammenmahlen würde die Schale des Kornes, die im Gegensatz zu der zähen Schale der Weichweizen, infolge ihrer Sprödheit zu stark angegriffen, zertrümmert und in feine Teile zerrieben werden, welche sich naturgemäß dem Mehl mitteilen und die Güte und Farbe desselben bedeutend beeinflussen würden. Man kam daher zunächst in Österreich-Ungarn auf den Gedanken, den Weizen hoch zu mahlen, d. h. den Schrotprozeß in 5 bis 6 Absätzen durchzuführen. Beim ersten Mahlen wurde der Stein hoch, d. h. weit auseinander gestellt und dabei das Korn nur gebrochen, und so fand ein 5- bis 6-maliges Schroten mit immer engerer Zusammenstellung des Steines statt, bis endlich die Schale rein ausgemahlen war. Während man beim Flachmahlen, also bei einmaligem Schroten bereits rund 50 bis 55 % Mehl erzielt, ergibt das Hochmahlverfahren bei sechsmaligem Schroten bis zum reinen Ausmahlen der Schale nur rund 15—18 % Schrotmehl, die übrigen Zwischenprodukte sind feine Griese. Der Ausdruck Hochmahlverfahren ist auch auf die jetzt allgemein übliche Walzenmüllerei übergegangen, und es werden genau wie früher bei den Mahlgängen heute die Walzen enger gestellt. Bevor das Getreide vermahlen wird, muß dasselbe von Verunreinigungen, Sämereien (Wicken, Kornrade, Steine usw.) befreit werden, indem es die verschiedensten Reinigungsmaschinen, wie Aspirateure, Trieure, Putz- und Bürstmaschinen passiert, ja bei harten ausländischen Getreidearten hat man in dem Reinigungsprozeß noch einen Waschprozeß eingeschaltet, um neben der Befreiung von Schmutz und Brandkörnern auch die spröde Schale zäher zu machen.

Die *chemische Zusammensetzung* der ganzen Körner des Weizens bzw. Roggens und ihrer Mahlprodukte geht aus nachstehenden Tabellen hervor.

Weizen.

	Asche %	Fett %	Eiweiß %	Kohlenhydrate			Pentosane %
				Zucker %	Stärke %	Holzfaser %	
Ganzes Weizenkorn	1,92	2,29	15,49	5,19	66,25	2,51	7,94
Feinstes Mehl (0—30)	0,49	1,14	13,24	2,14	79,29	0,12	2,59
Zweites Mehl (30—70)	0,88	1,86	15,08	4,67	74,69	0,20	3,37
Drittes Mehl (70—75)	2,36	4,04	19,36	8,50	61,13	1,05	5,52
Nachmehl (75—80)	3,32	4,63	20,35	9,97	47,18	3,09	11,62
Feine Kleie (80—89)	5,82	5,38	18,30	9,02	15,65	9,75	22,52
Grobe Kleie (89—93)	7,59	5,15	17,39	8,56	8,74	11,33	30,49
Schalenkleie (93—98,5)	7,54	5,18	17,39	8,67	14,14	9,69	29,32
Schälabfall I	4,44	3,52	14,62	6,30	24,36	18,45	24,96
Keime	5,50	12,00	40,75	20,75	—	2,50	11,55

Roggen.

	Asche %	Fett %	Eiweiß %	Kohlenhydrate			Pentosane %
				Zucker %	Stärke %	Holzfaser %	
Roggen, ganzes Korn	1,95	1,88	11,61	8,75	60,33	1,9	8,45
Feinstes Mehl (0—30)	0,46	0,69	6,70	4,65	81,53	0,07	3,55
Zweites Mehl (30—60)	0,94	1,43	11,00	7,18	69,44	0,40	5,25
Drittes Mehl (60—65)	1,74	1,29	14,47	8,98	60,27	0,93	7,02
Nachmehl (65—70)	2,09	2,71	16,58	11,45	55,40	1,22	8,13
Kleie (70—95)	4,83	3,62	17,58	12,96	20,49	5,79	22,59
Schälabfall I	4,34	5,98	21,05	8,31	13,52	10,85	24,17
Schälabfall II	3,25	2,87	11,14	4,77	11,30	14,39	36,35
Saugfilterabfall	3,84	3,40	13,36	6,46	29,41	10,84	24,84
Keime	5,54	11,95	44,74	22,62	—	3,94	7,32

Besonders interessant ist es zu verfolgen, wie die durch die Vermahlung herbeigeführte Trennung der einzelnen Kornschichten in der chemischen Zusammensetzung der einzelnen Mahlprodukte zum Ausdruck kommt. Zunächst fällt auf, daß bei Roggen und Weizen die feineren Mehle ärmer an Mineralstoffen, Fett und Eiweiß sind, dagegen reicher an Stärke als die Nachmehle. In den letzteren häufen sich die Holzfaser und die Pentosane. Diese Stoffverteilung entspricht genau der Lagerung derselben im ganzen Korn. Der Mehlkern liefert die hellen, weißen, eiweißarmen Mehle. Das Eiweiß besteht nur aus dem echten Klebereiweiß, das in dem weitlumpigen Endosperm zwischen den Stärkekörnern eingelagert ist. Nur vereinzelt findet sich das Eiweiß der Aleuronschicht, welches sich mehr in den Nachmehlen findet. Denn je mehr das Korn angegriffen wird, desto mehr lösen sich Teile der Aleuronschicht von der Schale und gelangen so in die Nachmehle, die dadurch eiweißreicher werden. Auf die gleiche Weise erklärt sich der höhere Eiweißgehalt der Kleien. Bei letzteren kommt noch hinzu, daß durch den Keimling, der ebenfalls den Kleien zugeführt wird, eine Anreicherung des Proteingehaltes bedingt wird. Also nicht allein der Proteingehalt, sondern auch der Fettgehalt steigt in den Nachmehlen und Kleien, da sowohl die Aleuronschicht als auch der Keimling viel Fett enthalten. Da die Gewebsschichten der Kornschale fast ausschließlich aus Zellulose oder ähnlichen Stoffen (Pentosane) bestehen, erklärt sich leicht der Reichtum der Abfallprodukte an diesen Stoffen. Die Mineralstoffe endlich sind am reichlichsten in den äußeren Schichten des Kornes eingelagert. Man kann aus obigen Tabellen berechnen, wieviel der einzelnen Stoffe in das zur menschlichen Ernährung bestimmte Mehl, wieviel in die Abfälle gehen, die zu Futterzwecken dienen; dabei soll angenommen werden, daß in Friedenszeiten beim Roggen die bis 70 % gezogenen Anteile, beim Weizen die bis 80 % gezogenen Mahlprodukte zur menschlichen Ernährung verwendet werden.

Es gelangen von 100 Teilen des im Korn enthaltenen:

	Eiweiß	Fett	Mineralbestandteile	Stärke	Rohfaser	Pentosane
beim Roggen						
in das Mehl	60	49	33	88	14	42
in die Kleie	40	51	67	12	86	58
beim Weizen						
in das Mehl	77	60	37	91	10	36
in die Kleie	23	40	63	9	90	64

Hieraus geht hervor, daß bei der Mehlbereitung bei Friedensausmahlung recht erhebliche Mengen von Nährstoffen in die Abfallprodukte gelangten. Aus den obigen Tabellen zeigt sich auch deutlich eine gewisse Harmonie zwischen Aschenwerten und Protein- und Fettgehalt. Steigt ersterer Wert an, so erfolgt dasselbe für Fett und Protein, während der Stärkegehalt entsprechend abnimmt. Es bestehen aber auch noch Unterschiede in der Beschaffenheit der Eiweißstoffe. Die Löslichkeit derselben ist bei den Anfangsgliedern der Vermahlungsreihe wesentlich höher als bei den Nachprodukten.

Über die Art der *Mineralbestandteile* und deren Verteilung auf die einzelnen Mahlprodukte gibt nachstehende Tabelle Auskunft.

Diese Untersuchungen wurden auf Veranlassung *v. Liebigs* durch *Dempwolf* ausgeführt. Er analysierte zugleich das in der Pester Walzmühle

verarbeitete Rohmaterial, eine Mischung von Theißweizen und Banater Weizen und die daraus ermahlenen verschiedenen Produkte.

Mahlprodukt	Ausbeute %		Gesamt Asche %	In 100 Teilen Asche sind enthalten: Eisenoxyd Fe_2O_3	Kalk CaO	Magnesia MgO	Kali K_2O	Natron Na_2O	Phosphorsäure P_2O_5
Grieß	0,49		0,40	0,53	7,30	6,90	34,66	0,99	49,72
„			0,39	0,59	7,72	6,86	34,67	0,89	49,22
Mehl 0	3,14	Auszug 18,24	0,38	0,63	8,06	7,01	35,48	0,74	48,90
„ 1	2,64		0,42	0,64	7,95	7,11	35,29	0,68	48,98
„ 2	5,29		0,45	0,63	7,45	7,80	34,25	0,68	49,52
„ 3	7,14		0,48	0,64	7,09	8,34	33,88	0,69	49,31
„ 4	14,76	Semmelmehl 32,69	0,59	0,60	6,80	9,92	32,72	0,65	50,06
„ 5	17,93		0,61	0,57	6,79	10,57	32,24	0,73	50,19
„ 6	15,41	Brotmehl 22,23	0,76	0,33	6,63	10,87	30,39	0,95	50,15
„ 7	6,81		1,18	0,43	5,54	12,23	30,31	1,26	50,20
Schwarzmehl	2,58		1,55	0,48	4,74	12,95	30,30	0,97	50,17
Koppstaub	1,29		2,65	1,67(!)	8,20	13,02	31,49	2,14	44,05
Kleie A	9,52	Kleie 18,52	5,24	0,21	2,75	16,86	30,67	0,70	50,15
„ B	9,00		5,68	0,44	2,50	17,35	30,14	1,08	49,11
Ganzes Korn	—		2,55	0,89	3,03	12,0	30,3	1,9	48,82

Aus diesen Zahlen lassen sich nachstehende Gesetzmäßigkeiten ableiten. Der Kalk- und Kaligehalt nimmt mit steigendem Ausmahlungsgrad dürften sehr wahrscheinlich in einer mehr oder weniger festen Bindung mit organischen Stoffen vorhanden sein. Besonders interessant sind diese Verhältnisse bei der Phosphorsäure, die als der wichtigste Mineralbestandteil der Mehle anzusehen ist, wie nachstehende Tabellen zeigen.

Roggen.

	Ganzes Korn	Mehle 0—30	Mehle 30—60	Mehle 60—65	Mehle 65—70	Kleie	Schälabfall	Saugfilterabfall	Keime
In 100 Teilen Trockensubstanz waren vorhanden Phosphorsäure	0,89	0,18	0,42	0,87	1,04	2,42	1,22	0,98	3,11
Von 100 Teilen Asche waren somit Phosphorsäure	45,6	39,1	44,7	50,0	49,8	50,1	31,5	25,5	56,1
Von 100 Teilen Phosphorsäure sind löslich nach 2-stündigem Auszug	53,9	50,0	59,5	67,8	76,9	72,3	57,5	74,5	57,9
Von 100 Teilen Phosphorsäure sind löslich nach 12-stündigem Auszug	78,7	61,1	83,3	95,4	80,8	83,1	83,4	88,8	65,3

Weizen.

	Ganzes Korn	Mehle 0—30	Mehle 30—70	Mehle 70—75	Mehle 75—80	Kleie fein	Kleie grob	Schalenkleie	Schälabfall	Keime
In 100 Teilen Trockensubstanz waren Phosphorsäure	0,97	0,23	0,50	1,27	1,70	2,90	3,44	3,75	0,87	2,52
Von 100 Teilen Asche waren Phosphorsäure	50,5	46,9	56,8	53,8	51,2	49,8	45,3	49,7	19,5	53,4
Von 100 Teilen Phosphorsäure sind löslich nach 2-stünd. Auszug	53,6	21,7	50,0	75,6	59,4	35,2	34,6	42,7	66,7	47,2
Von 100 Teilen Phosphorsäure sind löslich n. 12-stünd. Auszug	61,6	30,4	64,0	83,5	69,4	54,8	50,9	55,2	83,9	65,1

des Mehles ab (Analogie mit der Stärke). Magnesia und Phosphorsäure steigen mit zunehmendem Gehalt an Eiweißstoffen und Fett an, so daß man wohl auf recht enge Beziehungen zwischen diesen organischen Bestandteilen und den beiden Mineralstoffen schließen darf. Die Mineralstoffe

Bei den Mahlprodukten des Roggens ist die Löslichkeit der phosphorhaltigen Stoffe größer als bei denen des Weizens. Diese Löslichkeit nimmt auch noch zu mit der Einwirkungsdauer des Wassers. Es ist dies wohl so zu erklären, daß im Verlauf der Einwirkung des Wassers die löslichen

Phosphate erst aus unlöslichen entstehen, daß einfachere mineralische Phosphorverbindungen aus den zusammengesetzten Komplexen abgespalten werden. Man nimmt an, daß dieser Vorgang auf enzymatischen Erscheinungen beruht.

Die Rolle des *Fettes* ist bei den Vermahlungsprodukten keine wesentliche. Man ist bei der Vermahlung möglichst bestrebt, die fettreichsten Partien zu entfernen, da die Fette leicht veränderliche Substanzen sind, die unter den verschiedensten Einflüssen (Licht, Luft, Enzymwirkung) in Fettsäuren und Glycerin aufgespalten werden, so daß darunter die Güte und Haltbarkeit des Mehles leidet.

Was die *Eiweißstoffe* angeht, so ergeben obige Tabellen, daß der Gehalt derselben mit dem Ausmahlungsgrade der Mehle ansteigt, so daß sich die höchsten Werte bei den Mahlabfällen finden. Der Grund für diese Eiweißanreicherung ist wieder der hohe Gehalt der Nachprodukte an Aleuronzellen und Keimen.

Die Verschiedenartigkeit der Eiweißkörper in bezug auf Löslichkeit für die einzelnen Vermahlungsprodukte des Roggens bzw. Weizens erhellt deutlich aus nachstehenden Tabellen.

Roggen.

	Ganzes Korn	Mehle 0—30	Mehle 30—60	Mehle 60—65	Mehle 65—70	Kleie	Schälabfall	Saugfilterabfall	Keime
Vom Gesamtprotein waren wasserlöslich nach 2-stündigem Auszug	31,0	34,0	28,5	32,5	36,4	37,2	38,1	33,8	46,9
Vom Gesamtprotein waren wasserlöslich nach 12-stündigem Auszug	38,4	24,1	38,2	35,1	37,5	40,7	41,4	42,1	48,2
alkohollöslich nach 2-stündigem Auszug	—	53,1	49,4	34,6	28,4	22,2	13,0	18,3	12,4

Weizen.

	Ganzes Korn	Mehle 0—30	Mehle 30—70	Mehle 70—75	Mehle 75—80	Kleie fein	Kleie grob	Schalenkleie	Schälabfall	Keime
Vom Gesamtprotein waren wasserlöslich nach 2-stünd. Auszug	15,7	19,2	16,6	26,9	28,6	30,6	27,3	28,5	27,0	69,3
Vom Gesamtprotein waren wasserlöslich nach 12-stünd. Auszug	24,3	19,2	19,9	27,2	35,1	36,0	35,6	34,6	41,8	65.1
alkohollöslich nach 2-stündigem Auszug	—	49,3	45,3	30,5	25,3	15,9	14,8	19,4	17,5	—

Man sieht hieraus ein sehr verschiedenartiges Verhalten der Roggeneiweißstoffe gegenüber dem des Weizens. Erstere sind löslicher im Wasser, wobei die Löslichkeit mit der Einwirkungsdauer zunimmt. Durch Alkohol werden die Eiweißstoffe der hellen Mehle, die dem inneren Mehlkern entstammen, am stärksten gelöst, während die dunklern Mehle und die Mahlabfälle weniger alkohollösliche Eiweißstoffe enthalten. Es ergibt sich also hieraus, daß die Höchstmenge der alkohollöslichen Proteinstoffe des Getreidekernes im Mehlkern vorkommt, während die Eiweißstoffe der Aleuronschicht und des Keimlings nur wenig alkohollöslich sind. Bei den wasserlöslichen Eiweißstoffen dürften ähnliche Vorgänge wie bei den Phosphorsäureverbindungen vorliegen, daß nämlich durch eiweißauflösende Enzyme die löslichen Formen erst entstehen. Unter den Eiweißstoffen des Getreidekornes spielen die im Wasser löslichen Albumine keine besondere Rolle, da nur im Weizenmehl etwas Leukosin vorhanden ist. Die in Wasser unlöslichen, in neutralen Salzsösungen noch löslichen Globuline, ferner Edestin bilden deren Hauptbestandteil. Der Kleber des Weizenkernes, wie er in dem durch Waschen gereinigten, klebrigen dehnbaren Zustand vorliegt, ist kein einheitlicher Körper. Die Untersuchungen des amerikanischen Chemikers *Osborne* zeigten, daß er aus zwei verschiedenen Eiweißarten besteht, dem Gliadin und Glutenin. Ersteres ist unslöslich in Wasser und neutralen Salzsösungen, löslich in Alkalien und Säuren und in 70-proz. Alkohol. Es ist ein unvollständiger Eiweißstoff, denn von Eiweißbausteinen fehlen demselben Glykokoll und Lysin. Die biologische Forschung hat uns gezeigt, daß eine Nahrung, die als Eiweiß nur Gliadin enthält, nicht den Bedürfnissen des Stoffwechsels genügt. Das Glutenin, auch Glutelin genannt, ist unlöslich in Wasser, neutralen Salzlösungen und 70-proz. Alkohol, löslich dagegen in Alkalien und Säuren. Es enthält von Aminosäuren die Eiweißbausteine Glykokoll und Lysin. Diese beiden Eiweißkörper sind es, welche im Mehlkern zwischen den Stärkekörnchen verteilt eingelagert sind. Da

man Kleber nur aus Weizen darstellen kann, im Roggen aber dieselben chemischen Bestandteile vorhanden sind, so muß man entweder annehmen, daß die Anwesenheit von anderen Körpern mitbestimmend ist oder ein abweichendes quantitatives Verhältnis der beiden Eiweißkörper dafür maßgebend ist. *Mohs* nimmt physikalische Unterschiede im Sinne der Kolloidchemie an. Auf den physikalischen Eigenschaften dieses Gemenges der beiden wichtigsten Klebereiweiße beruht die Eigenschaft Mehl zu Brot zu verbacken.

Die Zusammensetzung und die Spaltungsprodukte der Klebereiweiße sind aus folgender Tabelle ersichtlich.

	Weizen Glutenin %	*Weizen* Kleber %	*Weizen* Gliadin %	*Roggen* Gliadin %	*Gerste* Hordein %	*Mais* Zein %	*Hafer* Avonin %	*Mais* Glutenin %
Analysen C	52,34	—	52,72	52,75	54,29	55,23	—	51,26
Analysen H	6,83	—	6,86	6,84	6,80	7,26	—	6,72
Analysen N	17,49	—	17,66	17,72	17,21	16,13	—	15,82
Analysen S	1,08	—	1,03	1,21	0,83	0,60	—	0,90
Glykokoll	0,89	0,44	—	0,13 (?)	—	—	1,0	0,25
Alanin	4,65	3,33	2,00	1,33	1,34	9,79	2,5	—
Valin	0,24	0,23	0,21	—	1,40	8,98	1,8	—
Leucin	5,95	5,78	5,61	6,30	7,0	19,55	15,0	6,22
Asparaginsäure	0,91	0,75	0,58	0,25	1,32	1,73	4,0	0,63
Glutaminsäure	23,42	30,38	37,33	38,05	43,20	26,17	18,4	12,72
Prolin	4,23	5,65	7,06	9,82	13,73	9,04	5,4	4,99
Phenylalanin	1,97	2,16	2,35	2,70	5,03	6,55	3,2	1,74
Tyrosin	4,25	2,73	1,20	1,19	1,67	3,55	1,5	3,78
Histidin	1,76	1,19	0,58	0,39	1,28	0,82	—	3,00
Arginin	4,72	3,94	3,16	2,22	2,16	1,55	—	7,06
Lysin	1,92	0,96	—	—	—	—	—	2,93
Ammoniak	4,01	4,56	5,11	5,11	4,87	3,68	—	2,12
Verbrennungswärme	5704 cal	—	5738 cal	5717 cal	5916 cal	—	—	—

Aus der Anwesenheit bzw. Abwesenheit bestimmter Aminosäuren bei der Spaltung erkennt man, daß diese beiden Eiweißkörper des Mehlkernes sich gegenseitig zu einem vollkommenen Eiweiß ergänzen, einzeln aber nicht den Aufbau von artähnlichem Körpereiweiß der Albumin- und Globulingruppe ermöglichen können.

Der Weizenkleber zeigt rein äußerlich große Verschiedenheiten in Farbe, Konsistenz, Eigenschaften, die bei der Brotbereitung sehr ins Gewicht fallen.

Nur den Mehlen, die dem Mehlkern entstammen, ist die Kleberbildung eigentümlich, aus Kleie läßt sich kein Kleber gewinnen. Bei der Fabrikation der Weizenstärke bildet der Kleber des Mehles eine unerwünschte Beigabe und seine Zerstörung oder anderweitige Beseitigung das Hauptziel des Herstellungsverfahrens. Eine bedeutende Industrie befaßt sich mit der Darstellung der Weizenstärke, und es lag nahe, den hierbei ausgeschiedenen Kleber seines Nährwertes wegen dem Brote wieder zuzusetzen. Bis vor kurzem gebrauchte man ihn teils als Viehfutter, teils als Klebemittel. Es ist nie recht gelungen, die Kleberbrote einzubürgern. Dagegen hat man den Kleber bei niederer Temperatur im Vakuum getrocknet und unter den Namen Aleuronat, Glidin in den Handel gebracht. Auch Klebernudeln haben sich recht gut bewährt. Was die Kohlenhydrate angeht, die im Getreide oder in dessen Mahlprodukten vorkommen, so bestehen dieselben zum größten Teil aus Stärke. Daneben finden sich noch in geringer Menge Zuckerarten, Traubenzucker und Rohrzucker und Dextrin. Ferner finden sich im Getreidekorn noch komplizierter zusammengesetzte Kohlenhydrate, nämlich Cellulose, Pentosane und Lignine, deren Verteilung in den Mahlprodukten eine sehr ungleiche ist, wie obige Tabellen zeigen.

Das wichtigste Produkt, welches aus dem Mehle hergestellt wird, und welches *das* Volksnahrungsmittel im eigentlichsten Sinne darstellt, ist das *Brot*. Man darf wohl, ohne Widerspruch zu finden, behaupten, daß nirgends im ganzen Volke, weder in der Hütte, noch im Palast, das Brot bei der täglichen Ernährung gänzlich fehlt. Daß es bei der ärmeren Bevölkerung mehr als eigentliche Nahrung, bei den Wohlhabenderen oft nur als Beigabe zu anderen Speisen in Betracht kommt, liegt in den Preisverhältnissen. Da nun, auf die Gesamtbevölkerung der zivilisierten Welt berechnet, nur ein ganz kleiner Prozentsatz zu den materiell Bevorzugten gehört, kann man wohl sagen, daß das Brot, etwa neben den billigen Gemüsen und Knollengewächsen, die Hauptnahrung der Menschen bildet.

Die *Brotbereitung* kann man in drei Prozesse gliedern, die sorgfältig aufeinander abgestimmt sein müssen, wenn das Brot gelingen und den höchsten Anforderungen gerecht werden soll,

nämlich die *Teigbereitung*, die *Teiglockerung* und den *Backprozeß*.

Für die Brotbereitung werden in erster Linie diejenigen Mehlsorten verwendet, welche einen reichlichen Prozentsatz an Kleber enthalten und mit Wasser in geeigneter Weise behandelt, eine zusammenhängende Masse, die man als Teig bezeichnet, bilden. Dieser Teig stellt die Grundlage jeden Gebäckes dar; wird ein solcher Teig ohne weitere Zusätze verbacken, so entsteht eine feste Masse, die je nach der Dicke, in welcher der Teig in den Ofen eingeschoben wird, sich mehr oder weniger schwer zerkauen läßt, weniger schmackhaft ist und auch nicht sonderlich leicht verdaulich ist. Zu dieser Art von Gebäcken sind die ungesäuerten Brote der Juden, die sogen. Mazzen, der Schiffszwieback und das schwedische Knäckebrot zu zählen. Meistens aber wird der Teig vor dem Backen einer Behandlung unterworfen, die den Zweck hat, in demselben das feste Gefüge zu lösen und dadurch dem entstehenden Gebäck eine poröse lockere Beschaffenheit zu geben. Das wird erreicht durch eine Kohlensäure liefernde Gärung, welche entweder durch Verarbeiten mit Hefe in den Teig hervorgerufen wird oder durch Vermischen mit Sauerteig, d. h. einem in Gärung übergegangenen Teige vom Tage vorher, der seinerseits wieder größere Mengen frisch bereiteten Teiges in Gärung zu versetzen imstande ist. Mit einem dieser beiden Gärung hervorrufenden Zusätze durchgearbeitet, bleibt der frische Teig eine Zeitlang an einem ca. 30 bis 35 ° warmen Orte stehen. Dabei geht der im Mehl vorhandene Zucker, ferner der aus der Stärke des Mehles unter dem Einfluße der Hefezellen gebildete Malzzucker durch Gärung teilweise in Alkohol und Kohlensäure über. Die entstehende Kohlensäure treibt den Teig auf, ohne in der durch die Elastizität des Klebers gebildeten zähen Masse einen Ausweg bis an die Oberfläche zu finden. Bei dem durch Sauerteig in Gärung versetzten Mehlteige vollzieht sich neben der Alkohol-Kohlensäuregärung noch eine Milchsäuregärung, welche den sauren Geschmack des fertigen Roggenbrotes bedingt. Nachdem die erste Gärung einige Stunden in Gang gewesen ist, wird der Teig ordentlich durchgeknetet, um eine gleichmäßige Durchmischung mit den Hefezellen zu ermöglichen, darauf geformt, wieder gären gelassen und dann im Backofen ausgebacken. Die Backtemperatur beträgt 200 bis 250 ° C, doch erreicht die Temperatur im Innern der Gebäcke nie den Siedepunkt des Wassers (100 ° C).

Bei dem Backprozeß dehnen sich die gebildeten Kohlensäurebläschen aus und lockern den Teig noch weiter auf. Der gleichfalls durch die Gärung entstandene Alkohol wird gasförmig und dieser Vorgang trägt nicht wenig zur Lockerung des ganzen Gefüges bei. Der Kleber des Weizenbrotes gerinnt etwa bei 70 ° und gibt dadurch dem Weizenbrote eine feste Gestalt. Die Brote aus anderen Getreidearten verhalten sich ganz ähnlich. Außer der Gerinnung der Eiweißkörper beim Backen findet im Innern des Brotes besonders noch eine Verkleisterung der Stärkekörner statt. Tiefgreifendere Zersetzungen der Stärke, wie sie in der Kruste angetroffen werden, finden nicht statt, da ja, wie oben erwähnt, die Temperatur nicht über 100 ° C steigt. Die äußere Schicht des Teiges wird beim Backen sehr schnell in eine undurchlässige Kruste umgewandelt, indem aus den Stärkekörnchen sich Dextrin bildet, welches infolge seiner klebenden Eigenschaften die Stärkekörner und sonstigen Bestandteile zu jener braunen glänzenden Rinde zusammenklebt, als welche wir sie zu sehen gewohnt sind. Begünstigt wird die Rindenbildung durch Bestreichen der Teigoberfläche mit Wasser oder Einlassen von Wasser in den heißen Backofen vor dem Einbringen der Brote. Der Wasserdampf kondensiert sich dabei auf den kühlen Broten in Gestalt feiner Bläschen, welche die Dextrinisierung beschleunigen. Zugleich mit der Umwandlung der Stärke in Dextrin nimmt die Kruste eine gelbe bis braune Farbe an, bedingt durch karamelartige Röstprodukte. Während des Backprozesses werden durch die hohe Temperatur die gärungserregenden Kräfte der Hefezellen und der Bakterien zerstört, so daß eine weitere Umwandlung der Brotbestandteile auf diesem Wege ausgeschlossen ist.

Durch die Verwandlung eines Bruchteiles der Kohlenhydrate in Kohlensäure und Alkohol sind natürlich Nährstoffverluste eingetreten. Wenn auch dieser Verlust im einzelnen Brote ein geringer ist (1,6—2 %), so hat doch *v. Liebig* berechnet, daß bei der Annahme von nur 1 % Substanzverlust im Brote allein in Deutschland mit damals 40 Millionen Einwohnern, die also täglich 20 Millionen Pfund Brot zu sich nehmen, ungefähr 2000 Zentner Brot gespart werden könnten, wenn man diesen Substanzverlust hätte ausschalten können. 2000 Zentner Brot sind aber imstande, mehr als 400 000 Menschen einen Tag mit Brot zu versorgen. *Liebig* schlug vor, durch geeignete chemische Vorgänge die Kohlensäure bei der Brotbereitung zu erzeugen, indem man dem Teige einerseits Salzsäure, andererseits Bikarbonat zusetzte, späterhin bemühte er sich, das sogenannte Horsfordsche Backpulver, eine Mischung von saurem Kaliumphosphat und Natriumbikarbonat einzuführen. Trotz der rationellen Zusammensetzung hat sich dieses Backpulver in Deutschland nicht eingebürgert. Es gibt natürlich noch eine ganze Reihe anderer derartiger Mischungen chemischer Verbindungen, welche zu demselben Resultat, der Entwicklung der Kohlensäure führen. Bei feinerem Gebäck oder bei Kuchen haben sich die Backpulver recht gut bewährt und eingebürgert, doch ist es in Deutschland nie gelungen, die Hefe- oder Sauerteiggärung durch Backpulverwirkung zu ersetzen. Es fehlt nämlich dem so

erbackenen Brote immer etwas am Geschmacke, den das Publikum nicht missen mag.

Die chemische Zusammensetzung des Brotes ist verschieden und abhängig von der Art der Herstellung der Brotsorten, von der Zusammensetzung der angewandten Mehle und von dem Backverfahren. Im Brote finden sich im wesentlichen dieselben Bestandteile wie im Mehle, jedoch in veränderter Form. Ein Teil der Stärke ist im Wasser löslich geworden, ein anderer Teil in Dextrin verwandelt. Die Eiweißstoffe sind nur zum Teil verändert. Die Kruste unterscheidet sich von der Krume durch ihren geringeren Wassergehalt, dagegen enthält sie mehr Dextrin und lösliche Stärke als die Krume. Der süßere Geschmack des frischen Brotes hängt wohl mit seinem größeren Gehalt an löslichen Polysacchariden zusammen, der Geschmack rührt nicht nur vom Mehle, sondern auch von der Teigführung her.

Um ein Beispiel der Brotzusammensetzung zu geben, führe ich die Zahlen an, welche *Stocklasa* bei der Untersuchung von Weizenbrot bzw. Roggenbrot gefunden hat.

	Weizenbrot	Roggenbrot
Wasser	36,64 %	35,63 %
Protein	4,63 „	5,03 „
Fett	0,49 „	0,77 „
Stärke	50,36 „	50,84 „
Dextrin	6,14 „	3,68 „
Glucose	1,83 „	2,03 „
Rohfaser	0,46 „	0,37 „
Reinasche	0,57 „	0,68 „
In der Reinasche sind enthalten:		
Phosphorsäureanhydrid	52,63 %	49,33 %
Schwefelsäureanhydrid	0,68 „	1,12 „
Kaliumoxyd	32,32 „	30,64 „
Natriumoxyd	3,16 „	3,22 „
Calciumoxyd	3,64 „	2,08 „
Magnesiumoxyd	5,67 „	9,84 „
Eisenoxyd	0,83 „	2,17 „

Neben den Gebäcken aus feinerem oder gröberem Mehl wurden immer schon Brote aus dem ganzen Korn bereitet, welches in bestimmter Weise zerkleinert war. Die betreffenden Darsteller gingen von der Ansicht aus, daß das Getreidekorn mit seinen sämtlichen Bestandteilen allein die Grundlage einer zweckmäßigen Ernährung bilden müsse und daß es vom hygienischen und volkswirtschaftlichen Standpunkte ein Fehler sei, das Getreidekorn in Schalen und den Mehlkern zu zerlegen. Durch eingehende Versuche von *Rubner* konnte aber gezeigt werden, daß die Mehlbestandteile um so weniger verdaulich sind, je höher das Mehl ausgemahlen ist, je mehr Schalenteile dasselbe also enthält. Durch geeignete Verfahren versuchte man die schlechte Ausnutzbarkeit der Schalenbestandteile zu überwinden. *Steinmetz* befreite das einem Wasch- und Weichprozeß unterworfene Getreide von der holzigen Schale und vermahlte das so enthülste Getreide. Neben diesem Dekortikationsverfahren kamen solche in Aufschwung, welche ein Aufschließen der Kleie bezweckten. Denn es war ja auch erwiesen, daß die Eiweißstoffe der Aleuronschicht, welche sich ebenfalls in den dunkleren Mehlen finden, schwerer verdaulich waren als die eigentlichen Klebereiweiße des inneren Kernes. Nach *Rubners* Ansicht beruht diese Schwerverdaulichkeit darauf, daß diese Eiweißstoffe in starkwandigen Zellen eingelagert sind, die sehr schwer den Verdauungssäften zugänglich sind. Ich nenne die Verfahren von *Schlüter*, *Klopfer* und *Finkler*.

Eine weitere Gruppe von Vollkornbrotverfahren beruht auf der direkten Teigbereitung aus den Körnern mit Umgehung des Mahlprozesses. Hierher gehören die Verfahren von *Avedyk*, *Gelink*, *Simons* und *Groß*.

Die Bezeichnung Vollkornbrot trifft übrigens auf alle nach obigen Verfahren hergestellten Brote nicht zu, da sie zum Teil aus dekortiziertem Getreide hergestellt sind. Über den Wert und den Einfluß des Vollkornbrotes auf den Magendarmkanal besteht keine einheitliche Auffassung, da es sich dabei um subjektive Auffassungen handelt, die einerseits in der Verschiedenheit der Brote, andererseits in der Individualität des einzelnen begründet sein können. Eine umfassende Zusammenstellung eigener und fremder Untersuchungen gibt *R. O. Neumann* in seinem Werke „Die im Kriege 1914—1918 verwendeten und zur Verwendung empfohlenen Brote, Brotersatz- und Brotstreckmittel, Berlin 1920".

Neben diesen Verfahren sind während der Kriegszeit eine große Reihe von Vorschlägen aufgetaucht, welche eine Streckung und Verbesserung der knappen Getreidebestände und des daraus erbackenen Brotes bezweckten. Sehr treffend urteilt darüber *Neumann* in dem eben erwähnten Werke: „Aus schüchternen Versuchen, den Weizen durch Roggen zu ersetzen, das Getreide intensiv auszumahlen, dem Brot Kartoffeln, Mais, Gerste, Rüben u. dgl. zuzusetzen, entwickelten sich alsbald dreistere Substitutionen. Man empfahl unnatürliche Zusätze wie Heu, Stroh, Holz und streifte damit manchmal schon das Gebiet des Strafbaren. Während sachgemäße Vorschläge, die den wissenschaftlichen Anforderungen standhielten, verhältnismäßig selten gehört wurden, häuften sich die klugen Räte derer, denen vielfach weniger das Wohl des Volkes am Herzen lag als der Verdienst. Andere Vorschläge, die Beachtung verdient hätten, waren wegen Mangel an Material, oder weil sie das Brot teurer gemacht haben würden, nicht durchführbar. Daher sind im Laufe des Krieges ein ganzes Heer von Brotstreckmitteln angeboten worden, die nichts weniger als tauglich gewesen sind. Viele davon haben allerdings nur ein kurzes Leben gefristet und sind sehr bald der Vergessenheit anheimgefallen. Bei der Sucht

nach derartigen „Erfindungen" würde oft gar nicht mehr danach gefragt, ob der Ersatz brauchbar sei oder nicht, ganz zu schweigen von der Unterlassungssünde, die daraus hergestellten Brote selbst zu prüfen. Glücklicherweise hatte sich der Drang, noch weitere Streckmittel zu suchen, im letzten Kriegsjahre ziemlich gelegt, da kaum etwas Neues mehr zu „erfinden" war. Zudem richteten sich die untauglichen Brote selbst. Das Publikum verweigerte sie instinktiv und so warfen sie, nachdem sie dem Verkehr entrückt waren, keinen Gewinn mehr ab."

Einige dieser Zusätze mögen ausführlicher erwähnt werden.

Die Mischung von Brotgetreidemehlen untereinander wurde zunächst eingeführt und die Festlegung der Mischungsverhältnisse im Verordnungswege festgelegt, ebenso die Zumischung von Mehlen anderer Getreidearten, Gerste, Hafer, Hirse, Mais, Reis, Buchweizen. Von anderen mehlgebenden Pflanzen kamen dann die Hülsenfrüchte in Frage, Bohnen, Erbsen, Sojabohnen und entbitterte Lupinen wurden als Brotstreckungsmittel empfohlen und Brot daraus erbacken; doch haben alle keine allgemeine Bedeutung erlangt wegen der unzureichenden Mengen, die dem Verbrauch zur Verfügung standen. Diese letztere Bedingung erfüllte erst die Kartoffel, und die Kartoffel ist auch als das eigentliche Brotstreckungsmittel der Kriegsbrote zu bezeichnen. Sie wurde in verschiedener Weise verwendet, als gekochte Kartoffel, Kartoffelflocken, Kartoffelwalzmehl, rohe Kartoffel, Trockenkartoffelmehl und Kartoffelstärkemehl. Ein mit 10—20 % Zusatz erbackenes Brot wurde K-Brot, mit höherem Zusatz K-K-Brot bezeichnet. DiesesKartoffelbrot hat seine Lebensfähigkeit erwiesen, wenn man auch hoffen darf, daß mit Eintritt normaler Zeiten der Kartoffelzusatz wieder aus dem Brot verschwindet, denn eine Verbesserung des Brotes findet dadurch nicht statt. Es wird in allen Teilen schlechter ausgenützt, besonders in der Mischung mit hochausgemahlenem Mehl. Ähnlich der Kartoffel verhalten sich Maniok, Tapioka und Sago. Erwähnt sei noch das Rübenbrot, das sich am allerwenigsten von allen Ersatzbroten einer Zuneigung erfreute, da der Geschmack dieser Brote unangenehm und auf die Dauer unerträglich war. Nebenbei war die Ausnutzung der Rübenbrote eine schlechte. Zusätze von Holzmehl, Adlerfarnwurzelmehl, Queckenwurzelmehl wurden vorgeschlagen, auch gehört hierher das Friedenthalsche Strohbrot, über dessen Vorzüge eine Zeitlang Fachpresse und Tageszeitungen mit Berichten überschwemmt wurden. *Friedenthal* glaubte durch Feinvermahlung des Strohes ein hochwertiges, leicht verdauliches Futtermittel herstellen zu können, das auch zur Brotstreckung sehr geeignet sei. Bei der wissenschaftlichen Nachprüfung zeigte es sich aber, daß es weder als Futter für tierische Ernährung geeignet ist, wie die Versuche von *Brahm, v. d. Heide u. Zuntz* und *Fingerling* ergaben, noch als Brotstreckungsmittel zu verwenden sei, da vom hygienischen Standpunkte aus sich schwerste Bedenken ergaben. *Neumann* schließt aus seinen Versuchen: „Es wäre geradezu vermessen, solche Streckmittel wie Strohmehl empfehlen zu wollen, da dasselbe für den Menschen nicht nur nicht verdaulich ist, sondern auch die Resorption der im Brot enthaltenen Nährstoffe vermindert und als höchst unnützer Ballast gefährliche Gesundheitsstörungen veranlassen kann." Spelzmehlbrot, Brot aus aufgeschlossenem Stroh, das *Eckhoffbrot*, eine Kombination von Blut und Strohmehl, seien hier noch erwähnt, ebenso die Pflanzenmehlbrote, die mit Zusatz von Grasmehl, Seradellaheumehl, Luzernenheumehl, Kleeheumehl erbacken waren. Weitere Vorschläge betrafen den Zusatz von Flechten, Pilzen, Reismelde, Kastanien, Eicheln, Getreidekeimen, Rückständen der Ölfabrikation, Kartoffelpülpe, Biertreber. Letzteres wurde unter dem Namen Cervesinbrot besonders von *Paul* empfohlen. Der Vollständigkeit wegen erwähne ich noch das Birnen- und Apfelbrot und das Kürbisbrot, und die Brotstreckungsmittel tierischer Herkunft, wie Magermilch, Fleischmehl und Blut. Für die Einführung des Blutbrotes setzten sich besonders *Block* und *Kobert* ein. Eine größere Bedeutung haben diese Brote nie erlangt, ebensowenig konnte sich der Vorschlag von *Droste* durchsetzen, Blutserum zur Verbesserung des Brotes zu verwenden. Auch in Amerika wurden Vorschläge gemacht, dem Brotteige Serumproteine zuzusetzen, doch scheint es bei theoretischen Vorschlägen geblieben zu sein. Es dürfte interessieren zu erfahren, daß fast alle die oben erwähnten Ersatzstoffe in früheren Zeiten ihre Vorgänger gehabt haben. In einem kleinen Werkchen von *Jul. Schlossberger*, Dr. med. et chir. Professor der Chemie an der Universität Tübingen aus dem Jahre 1847 „Zur Orientierung in der Frage von den Ersatzmitteln des Getreidemehles, besonders in der Brodbereitung" finden sich Angaben über Zusätze von Buchen- und Birkenholz, Rinde, Papiermasse, gemahlenen Getreidehülsen, Kleie, Flechten, Biertreber, Queckenwurzeln, Kartoffeln, Rüben, Tompinambur, Ölkuchen, Leguminosen, Schwämmen, Bouillon, tierische Gallerte und anderen Zusätzen, die uns während der Kriegszeit als Streckungsmittel so warm empfohlen wurden. Auch damals wurde der Wert dieser Zusätze gering eingeschätzt und teilweise vor deren Verwendung gewarnt.

Besprechungen.

Das Pflanzenreich (Regni vegetabilis conspectus), im Auftrage der Preußischen Akademie der Wissenschaften herausgegeben von *A. Engler*. Heft 72. Oleaceae — Oleoidae — Fraxineae und — Syringeae (125 pp., mit 87 Einzelbildern in 22 Fig. und einer Verbreitungskarte) von *A. Lingelsheim*, Leipzig, W. Engelmann, 1920, Preis geh. M. 24 (+ 50 % Teuerungszuschlag des Verlegers). — Heft 73. Araceae

— Aroideae und — Pistioideae (274 pp., mit 660 Einzelbildern in 64 Fig.) von *A. Engler*, 1920, Preis geh. M. 60 (+ 50 %). — Heft 74. Araceae, Pars generalis und Index familiae generalis (71 pp.), 1920, Preis geh. M. 16 (+ 50 %).

Den unlängst (vergl. 8. Jahrg., Heft 34, S. 689 dieser Zeitschrift) angezeigten Heften des großen Sammelwerkes sind innerhalb kurzer Frist drei weitere gefolgt, von denen das eine mit einem Teil der Oleaceen die Bearbeitung einer neuen Familie aufnimmt, die beiden anderen dagegen diejenige der Araceen zum Abschluß bringen. Was zunächst die hier behandelten Formenkreise der Oleaceen anbetrifft, so bieten dieselben auch dem Dendrologen erhebliches Interesse, da zu ihnen so wichtige Gattungen wie Fraxinus (Esche) und Syringa (Flieder) gehören. Auch in pflanzengeographischer Hinsicht liegen bedeutungsvolle und interessante Verhältnisse vor, die in der Bearbeitung zu klarer Darstellung gelangen. Die 64 Arten von Fraxinus bewohnen, wie die beigefügte Verbreitungskarte erkennen läßt, insgesamt innerhalb der nördlichen gemäßigten Zone ein vollkommen geschlossenes Areal, wobei das Mittelmeergebiet, der Himalaya, die zentralchinesischen Gebirge, Nordamerika und Mexiko als besonders artenreiche Entwicklungszentren hervortreten; die einzige bei uns heimische Art (F. excelsior) ist ein mitteleuropäischer Baum, dessen Nordgrenze annähernd der Eichengrenze entspricht, während er nach Südosten bis zum Kaukasus und dem Bergland der vorderasiatischen Gebirge reicht. Während die durch trockenhäutige, einsamige, geflügelte Schließfrüchte gekennzeichneten Fraxineae außerdem nur noch eine monotype Gattung, die im Mittelmeergebiet und in China auftretende Fontanesia umfassen, gehören zu den Syringeae, welche in systematischer Hinsicht ein verbindendes Glied zwischen jenen und den Oleineae darstellen und in der langen Blumenkronröhre und den fachspaltig aufspringenden Früchten mit geflügelten Samen ihre Hauptcharaktere besitzen, drei Gattungen, nämlich außer Syringa (30 Arten) noch Schrebera mit 24 und die als Zierstrauch ebenfalls wohlbekannte Forsythia mit 4 Arten. Letztere hat vor nicht allzu langer Zeit dadurch lebhafte Aufmerksamkeit erregt, daß eine Art in Albanien entdeckt wurde, während die übrigen in China heimisch sind; immerhin zeigt diese Verbreitung gemeinsame Züge mit Syringa, deren Areal in Ungarn und Serbien seine westlichste Grenze erreicht und von hier in einem schmalen Streifen durch die Trockengebiete des westlichen Asiens bis zu den zentralchinesischen Gebirgen, dem Hauptentwicklungsherd der Gattung, reicht, um dann weiterhin bis nach Japan auszustrahlen. So muß also Zentralasien als Ausgangspunkt für die Entwicklung der Gruppe angesehen werden, wenn auch Schrebera, deren Arten als Urwaldbäume in Asien, dem andinen Südamerika und besonders in Afrika auftreten, weit aus jenem Rahmen sich entfernt. — In den beiden letzten Heften der Englerschen Araceen-Monographie gelangen zunächst die Aroideae zur Behandlung, zu denen u. a. auch die Gattung Arum gehört, die in dem bekannten gefleckten Aronstab (A. maculatum) eine der wenigen bei uns einheimischen Arten der Familie enthält. Welch umfangreiche systematische Arbeit allein schon bei der Bearbeitung dieser Gruppe geleistet werden mußte, geht daraus hervor, daß dieselbe nicht weniger als 26 Gattungen umfaßt, die sich auf 6 Triben (davon die Areae wieder in 6 Subtriben gegliedert) verteilen; auch in blütenmorphologischer und blütenbiologischer, wie vor allem auch in pflanzengeographischer Beziehung bietet die Unterfamilie mannigfache interessante Züge. Dagegen gehört zu den Pistioideae nur die eine monotype Gattung Pistia, eine über die ganzen Tropen verbreitete Wasserpflanze, die zu den Aroideen nicht in engeren genetischen Beziehungen steht. Das Schlußheft gibt eine kurze zusammenfassende Gesamtübersicht über die umfangreiche Familie. Zunächst werden die innerhalb der Araceen auftretenden Lebensformen gekennzeichnet, die indessen ebenso wenig wie die alleinige Berücksichtigung der Blütenverhältnisse zur Erreichung einer natürlichen Einteilung der Familie genügen, von denen vielmehr mehrere nebeneinander innerhalb der vom Verf. vor allem auch auf Grund anatomischer Charaktere unterschiedenen Unterfamilien vorkommen. Weiter folgt eine Übersicht über die Blattformen, die ebenfalls systematisch von Wichtigkeit sind, und über die Ausbildung des Blütenstandes; bei letzterem interessiert zunächst die Spatha, aber auch der Blütenkolben selbst, obschon von Grund aus recht einförmig, zeigt doch mannigfache Abstufungen, die eine deutlich fortschreitende Progressionsreihe darstellen. Weiterhin wird das bekannte Wärmephänomen der Araceenblütenstände geschildert und dann die Morphologie der Blüten sowie der Früchte und Samen behandelt; dabei wird vor allem gezeigt, wie sich innerhalb der Familie eine allmähliche Reduktion vom Typus der gewöhnlichen Monocotyledonenblüte bis zur einfachsten Form, dem einzelnen Staub- oder Fruchtblatt, vollzogen hat. Endlich gibt Verf. noch eine Gesamtübersicht über die geographische Verbreitung, indem zunächst die Verteilung der Gattungen auf die verschiedenen Florengebiete und Florenprovinzen übersichtlich zusammengestellt und die daraus sich ergebenden allgemeinen Schlußfolgerungen eingehend erörtert werden. Wir heben hier nur hervor, daß die große Mehrzahl der Araceen tropisch ist, daß jede der Unterfamilien sowohl in der alten wie in der neuen Welt vertreten ist, während die Gattungen überwiegend auf die eine oder andere beschränkt sind, daß die Florengebiete der alten Welt an endemischen Arten und Gattungen wesentlich reicher sind und daß das Monsungebiet unter allen Gebieten dasjenige darstellt, in welchem jede Unterfamilie am stärksten entwickelt ist. Auch die für den mutmaßlichen Entwicklungsgang der Araceen sich ergebenden Schlußfolgerungen werden ausführlich besprochen; Verf. gelangt zu dem Schluß, daß sowohl die Verwandtschaftsverhältnisse wie die Tatsachen der geographischen Verbreitung durch die gegenwärtige Verteilung der Kontinente wie auch durch die klimatischen Verhältnisse der Tertiärperiode keine ausreichende Erklärung finden, daß vielmehr unbedingt einmal eine Landverbindung zwischen dem Malayischen Archipel und Südamerika bestanden haben muß, welche den Ahnen der jetzt im Monsungebiet einerseits, im tropischen Amerika andererseits lebenden Typen eine direkte Wanderung gestattete; die meisten heutigen Gattungen sind allerdings aus jenen Urahnen wohl erst nach dem Schwinden jener Landverbindung entstanden.

W. Wangerin, Danzig-Langfuhr.

Molisch, H., Anatomie der Pflanzen. Jena, G. Fischer, 1920. 144 S. und 126 Abb. im Text. Preis geh. M. 12,—, geb. M. 16,50.

Wie die früheren Lehrbücher des Verf. zeichnet auch das vorliegende sich durch seine flüssige, allgemein verständliche Sprache und den reichen Schmuck, den ihm zahlreiche gute Originalabbildungen geben, vorteilhaft aus. Der Leser begrüßt Hinweise auf manche wissenswerte Einzelheiten, die in anderen Lehrbüchern unerwähnt bleiben, und die bildliche Darstellung histo-

logischer Einzelheiten, die anderwärts nicht zu finden sind.

In der Anordnung des Stoffes folgt Verf. einem auch anderwärts bewährten Prinzip, indem er Zelle und Gewebe und hiernach die einzelnen Organe behandelt; als Nachteil macht sich hierbei geltend, daß bei Behandlung der Gewebe manches zur Sprache kommt, was der Leser ebensogut bei den Organen suchen könnte; bei Besprechung der Grundgewebe ist in dem den Geweben gewidmeten Kapiteln fast ausschließlich von den Exkretbehältern die Rede. Bei der Einteilung der Gewebe schließt sich Verf. an *Sachs* an, bespricht aber nach Epidermis-, Grund- und Stranggewebe gesondert das mechanische Gewebesystem.

Ein kurzer Schlußabschnitt über „angewandte Anatomie" spricht von der Bedeutung der physiologischen, systematischen und der pathologischen Pflanzenanatomie und macht auf die praktischen Aufgaben, die der Botaniker mit Hilfe der pflanzenanatomischen Untersuchung zu lösen vermag — Nahrungsmittelprüfung usw. —, aufmerksam. Gerade das Studium dieses Abschnittes wird manchen Leser bedauern lassen, daß der Verf. die Benutzer seines Buchs nicht auch über die Anatomie der Samen in Kürze belehrt.

E. Küster, Bonn.

Knottnerus-Meyer, Zoologisches Wörterbuch. (Teubners kleine Fachwörterbücher 2.) Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1920. 8°. IV, 217 S. Preis geb. M. 7,20.

Dem „Botanischen Wörterbuch" von *Otto Gerke* läßt der Teubnersche Verlag als zweiten Band seiner kleinen Fachwörterbücher das vorliegende „Zoologische Wörterbuch" folgen. Es gibt, wie der Verf. im Vorwort ausführt, eine wortableitende und sachliche Erklärung der zoologischen Fachausdrücke und der wissenschaftlichen und deutschen Tiernamen sowie kurze Biographien der wichtigsten Zoologen aller Zeiten. Es wendet sich in gleicher Weise an Fachleute wie Laien, an Naturwissenschaftler, Lehrer, Ärzte, Tierärzte sowie an die Liebhaber der Tierkunde. Die Grenzen des Buches sind so gezogen, daß zunächst sämtliche gebräuchlichen Ausdrücke der allgemeinen Zoologie und Biologie aufgenommen wurden. Von der speziellen Zoologie fanden sämtliche Klassen und Ordnungen sowie wichtigere Unterordnungen, Familien und Unterfamilien Berücksichtigung, während bezüglich der Aufnahme der Gattungs- und Artnamen naturgemäß eine starke Beschränkung geübt werden mußte. Doch wurde unserer heimischen und der in den Tiergärten regelmäßig vertretenen Tierwelt durchweg Erwähnung getan.

Die Schwierigkeit der Bearbeitung eines derartigen Wörterbuches liegt auf der Hand, und kleinere Ungenauigkeiten und Fehler werden sich zumal in der ersten Auflage auch beim besten Willen des Autors niemals ganz vermeiden lassen. Ein gewisses Maß dürfen sie aber doch nicht überschreiten, wenn das Buch auf Brauchbarkeit und Zuverlässigkeit Anspruch erheben will. In vorliegendem Falle scheint mir nun dieses Maß schon bedenklich überschritten, wenn die von mir gemachten Stichproben einen Schluß auf das Ganze gestatten.

In dem Artikel „*Darwin*" mag „Chrewsbury" statt „Shrewsbury" ein Druckfehler sein, wenn aber das Darwinsche Hauptwerk „Die Entstehung der Arten durch geschlechtliche (!) Zuchtwahl" betitelt wird, so gibt es dafür keine Entschuldigung. Auch hätte in einem Zoologischen Wörterbuch *Darwins* „Monographie der Cirripedien" erwähnt werden müssen. Von *Haeckel* wird die kleine, unbedeutende, für die Zoologie gänzlich belanglose Schrift „Der Monismus als Band zwischen Religion und Wissenschaft" erwähnt, die grundlegende „Generelle Morphologie der Organismen" dagegen nicht angeführt. Bei *Karl Vogt* vermisse ich die „Zoologischen Briefe". *Oken* hat kein „Lehrbuch der Naturgeschichte" sondern ein „Lehrbuch der Naturphilosophie" geschrieben. *Alexander v. Humboldt* ist niemals in Ägypten gewesen. *Goethe* hätte wegen seiner vergleichend-anatomischen Arbeiten erwähnt werden müssen. *Darwin* wird in 12, *Haeckel* in 17, *Karl Vogt* in 8, *Humboldt* in 6, *Weismann* in 7 Zeilen, von denen 2 auf die Titel kommen, abgetan, während Herr *Knottnerus-Meyer* für sich selbst einen Raum von nicht weniger als 22 Zeilen in Anspruch nimmt. Die Präformationstheorie herrschte nicht bis Mitte des 18., sondern bis Anfang des 19. Jahrhunderts, denn *Caspar Friedrich Wolffs* „Theoria generationis", die übrigens nicht erwähnt wird, hatte keinen Erfolg. Wenig logisch ist die Erklärung des „Dualismus": „eine Weltanschauung, die die Erscheinungen der Wirklichkeit als von zwei entgegengesetzten Kräften (!) ausgehend ansieht (Kraft und Stoff)." Danach wäre also der „Stoff" auch eine „Kraft". Wenn man ferner liest: „Lamarckismus die von *Lamarck* vertretene Lehre, daß sich die im Leben erworbenen Eigenschaften vererben (Keimplasmatheorie)", so weiß man nicht mehr, was man sagen soll. Nach dem Wort „Vererbung" habe ich vergebens gesucht, während die Begriffe „Fortpflanzung", „Vermehrung", „Abänderung" erklärt sind. Erklärungen wie „Hals (lat. collum) Körperteil zwischen Kopf und Brust" wären doch eigentlich überflüssig. Recht ungeschickt ist auch die Definition der Chromosomen: „Chromosomen heißt die für jede Tierart kennzeichnende Zahl von Abschnitten, in die bei der Mitose der Chromatinfaden der Zellkerne zerlegt wird". In dem Artikel „Protozoa" heißt es: „Vermehrung durch Knospung", während die Teilung, die doch eine viel größere Rolle spielt, überhaupt nicht erwähnt ist. Der Liebespfeil der Lungenschnecken wird als Reizmittel bezeichnet, das „in den Körper des als Männchen fungierenden Tieres gestoßen wird", während doch jedes Individuum sich gleichzeitig als Männchen und Weibchen verhält. Weiselwiegen sind nicht die großen „Waben", sondern die großen Zellen, aus denen die Bienenköniginnen hervorgehen. Auf S. 202 steht „Urvogel, Urgreif s. Archaeopteryx", wenn man aber dann das Wort „Archaeopteryx" aufsucht, so findet man es nicht. „Pongo" ist meines Wissens nicht der Schimpanse, sondern der Gorilla. Alles das aber erscheint fast belanglos gegenüber dem, was *Knottnerus-Meyer* als Verbreitungsgebiet der Menschenaffen (Anthropopithecidae) angibt: „Urwald Nordamerikas (!), Sumatra, Borneo". Ein Zoologisches Wörterbuch, das solchen Unsinn enthält, kann nicht empfohlen werden.

W. May, Karlsruhe.

Dorno, C., Klimatologie im Dienste der Medizin. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1920. IV, 74 S. und 11 Abbildungen. Preis M. 5,—.

Die vorliegende Zusammenfassung bildet ein Heft der Viewegschen: Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik. *D.* versucht das Gebiet der Meteorologie der Ärzteschaft nahezubringen, was um so berechtigter ist, je mehr die sog. physikalisch-therapeutische Richtung an Bedeutung gewinnt. *D.* behandelt nacheinander die verschiedenen klimatischen Elemente: chemische Beschaffenheit der Luft, Temperatur, Feuchtigkeit, Luftdruck, Niederschläge, elektrisches Verhalten der Atmosphäre; endlich die Verhältnisse der *Strahlung*, wobei sowohl die

Wärme- wie die Helligkeit- und die ultraviolette Strahlung in Betracht gezogen werden. — Ausführlicher geht *Dorno* nur auf die Vorgänge der *Strahlung* ein, wobei zugleich kurz die Untersuchungsmethoden Erwähnung finden. Gerade *dieser* Abschnitt wird dem Leserkreise, auf den die Schrift berechnet ist, willkommen sein, denn hier spricht ein Fachmann, der selbst das Gebiet hervorragend bereichert hat, über einen Gegenstand, der theoretisch besonders interessant ist und auch von besonderer praktischer Bedeutung ist. Allerdings setzt die Darstellung schon ein gewisses Vertrautsein mit dem Gegenstande, besonders auch mit der Methodik voraus, deren Schilderung, abgesehen von dem Ångströmschen und Michelsonschen Apparate, etwas zu knapp gegeben ist. Die photographischen Methoden der Strahlungsmessung werden von *D.* sehr gering bewertet. Noch kürzer ist die Darstellung bei den Abschnitten, die die Luftelektrizität und Luftfeuchtigkeit betreffen. Bemerkenswert ist, daß Verf. wiederum — gegenüber *Hann* — dem Sättigungs*defizit* an Stelle der sog. relativen Feuchtigkeit das Wort redet. Auch verwendet *D.* den bisher kaum beachteten Begriff der „*physiologischen* Feuchtigkeit".

Interessant sind die Ausführungen über die Bedeutung und Verwendbarkeit spektral zerlegten Lichtes, wobei die Bedeutung der Färbung der Kleidung und der Gebrauchsgegenstände an Beispielen dargetan wird. — Zum Schluß erörtert Verf. die Art, wie das Klima auf den Menschen wirken kann, wobei er neue und von medizinischer Seite bisher nicht in Betracht gezogene Gesichtspunkte heranzieht. Diese neuen Gedanken machen das Werkchen für den Arzt, der sich mit den physikalischen Heilmethoden befaßt und das Zustandekommen ihrer Wirkungen verstehen möchte, wertvoll.

A. Loewy, Berlin.

Jacoby, M., Einführung in die experimentelle Therapie. 2. Aufl. Berlin, Julius Springer, 1919. 288 S. und 12 Fig. Preis M. 22,—.

In der 2. Auflage, die eine beträchtliche Erweiterung erfahren hat, ist die frühere bewährte Einteilung des Buches beibehalten worden. Den Hauptteil bilden die Kapitel über die antiparasitäre Therapie (Immunotherapie, Serumtherapie, Chemotherapie) und die Substitutionstherapie. Bei letzterer sind die wichtigen neuen Probleme über die moderne substituierende Ernährungstherapie (Vitamine) besonders eingehend und kritisch berücksichtigt worden. Die anderen Kapitel beschäftigen sich mit der Therapie der Neoplasmen, der Entzündung, der Blutkrankheiten, des Diabetes, der Gicht, des Fiebers, der Kreislauf- und Magen-Darmstörungen. Die Aufgabe, die sich der Autor gestellt hat, dem Praktiker das Eindringen in das eigentliche Wesen der Heilmethoden zu ermöglichen und zu erleichtern durch Darbietung einer kurzen und klaren Zusammenfassung der grundlegenden therapeutischen Experimente, hat er trefflich gelöst. Jedem wissenschaftlich denkenden Arzt, der in seiner Praxis nicht schablonenhaft die neuen Heilmethoden anwendet, wird das Buch ein vortrefflicher Ratgeber und Führer in allen wichtigen therapeutischen Fragen sein.

R. Finkelnburg, Bonn.

Pröll, A., Flugtechnik. Grundlagen des Kunstfluges Berlin-München, R. Oldenbourg, 1920. 322 S. und 95 Abb. Preis geh. M. 22,—, geb. M. 24,—, beides zuzügl. 10 % Verlags- und 10 % Sortiments-Teuerungszuschlag.

Die Jahre des Krieges haben die Entwicklung des Flugzeugbaues zu einem gewissen Abschluß gebracht. Während ihres Verlaufs hat sich dank der gewaltigen Mittel geistiger und materieller Art, die in den Dienst der Sache gestellt wurden und dank der straffen Zusammenfassung von wissenschaftlicher Forschung und praktischer Erfahrung, die während des Krieges möglich war, der Prozeß vollzogen, der den Flugzeugbau, der vordem vielfach noch ein Betätigungsfeld für Erfinder war und der jedenfalls mit wenigen Ausnahmen auf reiner Empirie fußte, zu einem ebenbürtigen Zweig der Technik gemacht hat. Der Flugzeugbau hat im Kriege dieselbe Stufe erreicht, wie etwa der Dampfturbinenbau zur Zeit des Erscheinens des grundlegenden Stodolaschen Buches über die Dampfturbinen. Was *Stodola* im Vorwort zu der ersten Auflage seines Buches mit Hinsicht auf die Dampfturbine schrieb, kann ohne weiteres auf das Flugzeug übertragen werden: „Wir Ingenieure wissen ja sehr wohl, daß der Maschinenbau durch das groß angelegte praktische Experiment vielfach mit spielender Leichtigkeit Aufgaben gelöst hat, welchen die Forschung jahrelang ratlos gegenüberstand. Allein das „Probieren", wie der Ingenieur das Experiment ironisch gemütlich gerne nennt, ist häufig über alle Maßen kostspielig, und einer der obersten Gesichtspunkte aller technischen Tätigkeit, das *wirtschaftliche* Moment, sollte uns dazu führen, auch die Ergebnisse der wissenschaftlichen technischen Arbeit nicht zu unterschätzen, vor allem auf so neuen Gebieten wie das vorliegende" und „die Industrie kann die wissenschaftliche Mitarbeit nie entbehren, nicht aus Idealismus, sondern weil diese unter gewissen Umständen das „billigere Verfahren" bildet, ans Ziel zu gelangen".

Daß wir bisher kein Handbuch des Flugzeugbaues hatten, das mit *Stodolas* Dampfturbinen in Parallele gestellt werden konnte, liegt daran, daß das außerordentlich reiche Forschungs- und Erfahrungsmaterial aus militärischen Gründen nicht veröffentlicht werden durfte; daher blieb der Nachkriegszeit vorbehalten, das Handbuch und die „Hütte" des Flugzeugbaues hervorzubringen. Bisher sind nun zwei Bücher über Flugzeuge erschienen, die auf den Erfahrungen — im weitesten Sinn — der Kriegsjahre fußen. Die Fluglehre von *v. Mises*[1]) und die Flugtechnik von *Pröll*. Die Verfasser beider Bücher sind während dieses bedeutungsvollen Entwicklungsabschnittes des Flugzeugbaues forschend wie praktisch tätig gewesen. Während das v. Misessche Buch, das aus Vorträgen für Fliegeroffiziere hervorgegangen ist, im wesentlichen den Charakter eines Unterrichtswerkes beibehalten hat, geht das Buch von *Pröll* darüber hinaus und möchte „nicht nur ein Lernbehelf für den Studierenden sein, sondern auch dem ausführenden Ingenieur die Mittel an die Hand geben, mit Hilfe von Erfahrungszahlen Flugzeugentwürfe und Ausführungen in allen Einzelheiten durchzuführen".

Es stellt sich somit als erstes Handbuch des Flugzeugbaues vor. Unter diesem Gesichtspunkt wird es zu betrachten sein. Da ist nun zu sagen, daß es *Pröll* ausgezeichnet gelungen ist, dem schaffenden Ingenieur das wissenschaftliche Rüstzeug des Flugzeugbaues zugänglich zu machen. Sein Buch gibt in klarer und übersichtlicher Darstellung eine nahezu vollständige Zusammenstellung des heute Bekannten. Besonderer Wert ist auf die Ergebnisse der aërodynamischen Forschung gelegt. In den ersten sechs Abschnitten sind,

[1]) Fluglehre von Dr. *Richard von Mises*, 1918. Verlag von Julius Springer, Berlin.

von den allgemeinen physikalischen Eigenschaften der Luft ausgehend, die Gesetze des Luftwiderstandes, die ebene Potentialströmung, die Zirkulationstheorie, die Berücksichtigung der Reibungseinflüsse durch die Grenzschichtentheorie dargelegt und darauf die besondere Aërodynamik der Profilströmung und die gegenseitige Beeinflussung mehrerer Tragflügel aufgebaut. In einem weiteren Abschnitt wird die gebräuchliche Kurvendarstellung der Flugelemente mitgeteilt und damit die vorwiegend graphische Behandlung der Verfahren für den Entwurf der Flugzeuge im folgenden Abschnitt vorbereitet. Hier werden die in der Praxis gebräuchlichsten Leistungs- und Zugkraftdiagramme sowie die Hubkurve von *Everling* erläutert. Es ist wohl selbstverständlich, daß bei der großen Zahl von Stellen, an denen während des Krieges Flugzeuge konstruiert worden sind, auch noch andere Entwurfsverfahren Anwendung gefunden haben, die wohl in der einen oder andern Hinsicht Vorteile gegenüber den von *Pröll* gebrauchten besitzen, doch hat *Pröll* es verstanden, alles Wesentliche, namentlich die Notwendigkeit, Flugzeug und Triebwerk als *Ganzes* aufzufassen, in dem von ihm gegebenen Entwurfsverfahren so vollständig darzustellen, daß der Verzicht auf die andern Verfahren keinen Mangel bedeutet. Sehr wertvoll sind verschiedene Zahlenbeispiele, die offenbar der Praxis entnommen sind. In einem neunten Abschnitt gibt *Pröll* sodann wertvolle praktische Gesichtspunkte für den Entwurf eines Flugzeuges. Auch hier sind wieder sehr instruktive Zahlenbeispiele und Tabellen verwendet worden. Der zehnte Abschnitt: Faustformeln für Flugzeugbewertung lehrt die sehr wichtigen Verfahren kennen, mit denen durch den Versuchsflug die Wirksamkeit baulicher Abänderungen beurteilt werden kann. Die nächsten drei Abschnitte: Druckpunktwanderung und Momente ebener und gewölbter Flächen; Längsstabilität und Höhenleitwerk; Der Flug in der Kurve, Seitensteuerung und Querstabilität, bauen auf den theoretischen Grundlagen und auf den praktischen Erfahrungen, die heute als zuverlässig bekannten und gebräuchlichen Verfahren zur Bemessung der Flugzeugleitwerke auf. Der vierzehnte Abschnitt ist einem kurzen Abriß der Flugzeugfestigkeitslehre gewidmet. Im Schlußabschnitt: Experimentelle Flugtechnik werden die großen Schwierigkeiten, die sich einwandfreien Versuchsflügen entgegenstellen, gekennzeichnet und die heute möglichen Wege kritisch beleuchtet. Ein sehr wertvoller, nur viel zu karg bemessener Anhang bringt die praktischen Grundlagen für den Entwurf, nämlich je eine Tabelle der Flugzeugteilgewichte und der Baubeschreibungen einiger neuerer Flugzeuge. Ein wertvolles Literaturverzeichnis sowie ein Sach- und Namenregister beschließen das Buch.

Wie aus dieser Inhaltsübersicht hervorgeht, ist der überwiegende Teil des Werkes den wissenschaftlichen und insbesondere den aërodynamischen Hilfsmitteln des Flugzeugingenieurs gewidmet. Die praktischen Grundlagen, d. h. Tafeln der Verhältniszahlen ausgeführter Flugzeuge und Angaben über die bauliche Ausführung sind schwach oder gar nicht vertreten. In dieser Richtung wäre eine Erweiterung zu wünschen. Man kann dem Verfasser nicht beipflichten, wenn er befürchtet, daß „durch beigegebenes Zahlenmaterial der Konstrukteur auf bestimmte Tabellenwerte festgelegt würde, die man in der Praxis doch nur aus besonderen Versuchen bzw. aus dem in der Literatur vorhandenen reichen Zahlenmaterial von Fall zu Fall entnehmen könne". Es ist im Gegenteil eine große Aufgabe eines technischen Handbuches, das in der Literatur vorhandene Zahlenmaterial kritisch zu sichten, um Einzelerfahrungen für den Gesamtfortschritt verwertbar zu machen. Aber auch in der gegenwärtigen Form ist die Flugtechnik von *Pröll* ein sehr wertvolles Hilfsmittel für den Konstrukteur.

Gleichzeitig hat das Buch Anspruch auf größtes Interesse von wissenschaftlicher Seite.

K. Gaule, Danzig-Langfuhr.

Hirsch, Max, Über das Frauenstudium, eine soziologische und biologische Untersuchung auf Grund einer Erhebung. Leipzig und Würzburg, Curt Kabitzsch, 1920. V, 142 S. Preis M. 7,—.

Es ist dem Verfasser in seiner vielseitigen Arbeit gelungen, sein Thema weit über die angestellte Umfragenerhebung an 729 Akademikerinnen in das Allgemeine zu erheben. Erfahrungen als Arzt und Statistiker kommen ihm dabei sehr zu Hilfe. Ganz besonders zu betonen ist jedoch die große Sachlichkeit, die meist sonst dem Manne der Frauenbewegung gegenüber fehlt. Sie ist nicht genug hervorzuheben, denn man spürt in dem ganzen Buche nirgends den viel bespöttelten männlichen „Feminismus" und noch weniger den üblichen „Männerstandpunkt" im Hinblick auf die dem Weibe eigentümliche Domäne. Sich in die Psyche des Weibes einzudenken, ihrem Werdegang aus ihren Lebensumständen und ihrer Familienumwelt, aus traditioneller Gebundenheit und daraus entstehender Unstimmigkeit im weiblichen Charakter objektiv gerecht zu werden, ist nur selten den Männern gegeben. Die typische Scheu des Mädchens in den Entwicklungsjahren und auch später, wenn sie Mangel an Verständnis fürchtet, lassen nur den feinfühligen Mann die Vorgänge erraten, die für die weibliche Wesensart von Bedeutung sind. — Es scheint schier unglaublich, daß zwischen *Möbius'* Formulierung der weiblichen Psyche und dem heute vorliegenden Buch von *Hirsch* kaum 25 Jahre liegen. Hie der „Beweis für den physiologischen Schwachsinn des Weibes" (allerdings unwissenschaftlich und ohne Rücksicht auf die weibliche Wesensart einseitig an männlichen Vergleichen gemessen), hie die rückhaltlose Anerkennung der weiblichen Vollwertigkeit auf Grund exakt wissenschaftlicher Untersuchungen. — Es besteht wohl heute kein Zweifel mehr darüber, daß „Mann und Weib bei allen menschlichen Rassen zwei spezifische, in ihrer Art vollkommene und durchaus gleichwertige Ausprägungsformen ein und desselben Rassentypus darstellen, deren Verschiedenheit stets berücksichtigt werden muß" (*Martin*, Lehrbuch d. Anthropologie 1914, S. 204). Die für die Physis gewonnene Anschauung gilt in gleicher Weise für die Psyche der beiden Geschlechter; wie dies vor Jahresfrist *Mathilde von Kemnitz* in ihrem Buche „Das Weib und seine Bestimmung" mit Recht betont hat. Auch *Hirsch* redet der glücklichen Ergänzung durch die sexuelle geistige Verschiedenheit im Hinblick auf die wissenschaftliche Begabung und geistige Verarbeitung das Wort. — Das Buch beginnt mit einem historischen Überblick über die Frauenbewegung, dem eine Fülle von Erfahrungsmaterial in soziologischer, statistischer, biologischer und hygienischer Hinsicht folgt. Der Frauenüberfluß bedingt eine große Zahl unverheirateter Frauen, nicht aber ihre Unfähigkeit der Entfaltung geistiger und körperlicher Kräfte. Der Typus der „Heiratsuntauglichen" auf den Universitäten in den 90er Jahren hat dank der allgemein möglichen Gymnasialbildung der Mädchen einem kraftvollen Frauentypus Platz gemacht, so daß Studium

und Ehe, oder gar akademischer Beruf und Ehe häufiger (40,7 %) sind, als frühere Erhebungen angeben. Verfasser übersieht nicht die Schwierigkeiten, die diese Doppelbelastung der Frau bereitet, die sogar unter Umständen unüberwindlich werden können. Hier setzt die Gefahr des Dilettierens auf einem der beiden Gebiete für die Frau ein, die nur eine körperlich wie geistig völlig gesunde Weiblichkeit zu überwinden vermag. Darum betont Verfasser in richtiger Erkenntnis die unerläßliche Jugendpflege, denn „die Zeit der geschlechtlichen Reifung ist für das Mädchen eine besonders kritische Zeit". Überhaupt scheint mir neben der Fülle der übrigen Erörterungen und Anregungen das Kapitel über die Hygiene des Frauenstudiums ganz besonders beachtenswert. Dem Frauenarzt gebührt besonderer Dank, daß er ohne Scheu gleichsam als Warnung, wie auch als Ermutigung, die Grenzen und die Ausdehnungsmöglichkeiten der weiblichen körperlichen und geistigen Eigenart klarlegt. *St. Oppenheim, München.*

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Kritische Studien zu Glazialfragen Deutschlands (*W. Deecke*, Zeitschrift für Gletscherkunde, Bd. 11, S. 34—84). In einem ersten Teil seiner Arbeit bespricht der Verfasser die „tiefgelegenen angeblich glazialen Reste in Südwestdeutschland". Seine Ausführungen enthalten eine durchweg ablehnende Kritik dieser bisher von zahlreichen Forschern, namentlich von *Steinmann* und seinen Schülern, für glazial angesprochenen Ablagerungen Südwestdeutschlands.

Ungeschichtete, mit Steinen durchsetzte Lehmmassen am Fuße des Schwarzwaldes, vielfach als grundmoränenartige Bildungen gedeutet, werden hier als alte Schuttkegel bezeichnet, deren Entstehung ins Pliocän verlegt wird. Jedenfalls mußten solche Schuttkegel zu einer Zeit entstehen, als der vom Gebirge herbeigeführte Schutt noch in der Lage war, sich auch auf den Vorbergen auszubreiten, die heute durch tiefere Täler vom Hauptteil des Gebirges getrennt sind.

Bei der Verfrachtung und Ablagerung grober Schuttmassen spielen die Wasserläufe eine bedeutsame Rolle. Noch heute lagern die Nebenflüsse des Rheines an den Talausgängen bei Hochfluten grobes Geröll ab, das in seinem inneren Aufbau — wirre schichtungslose, in Lehm eingepackte Blockmassen — wohl mit einer Moräne verglichen werden kann. Solche Ereignisse wie die Hochfluten mußten aber in der geologischen Vergangenheit um so stärker und häufiger eintreten, je reicher die Niederschläge waren. Hier gibt auch *Deecke* eine glaziale Einwirkung zu insofern, als während der Eiszeit stärkere und länger in die Sommerzeit hineinreichende Schneemassen die deutschen Mittelgebirge bedeckten. Sie mußten Anlaß geben zu starken Hochfluten. Hinzu kommt ferner, daß bei der heutigen Verbreitung jener als Endmoränen angesehenen Schuttbildungen auch vor den kleinsten in die Ebene einmündenden Tälchen eine derart umfassende Eisbedeckung angenommen werden müßte, daß man von einer geschlossenen Inlandeisdecke in Süddeutschland reden müßte, wogegen denn doch erhebliche Bedenken bestehen.

Vielfach sind auch große Blöcke, die sich ab und zu im Unterlauf der Flüsse finden, noch dazu, wenn sie wenig oder garnicht abgerollt sind, als Zeugen ehemaliger Gletscherbedeckung angesehen worden. Dem hält aber der Verfasser entgegen, daß solche Blöcke auf die verschiedenste Weise an ihre heutige Stelle gelangt sein können, gibt aber zumal bei größeren dem Transport mittels Eisschollen die Hauptbedeutung.

Durchaus nicht immer glazialer Entstehung sind auch die Schrammen. Es wird hier die Möglichkeit erörtert, daß Kritzen, namentlich wenn sie die Blöcke einseitig bedecken, tektonischen Bewegungen im anstehenden Gestein ihre Entstehung verdanken können.

In einer Kritik der Karbildungen des Schwarzwaldes läßt *Deecke* die von *Steinmann* u. a. als Kare angesprochenen, in 500—600 m Höhe gelegenen Nischen nicht als echte Kare gelten und bestreitet damit, daß im Diluvium die Gletschergrenze so tief gelegen habe. Diese karähnlichen Gebilde, die besonders an den Nord- und Osthängen der oberrheinischen Gebirgsrümpfe sich finden, nahmen ihre Entstehung aus reihenweise angeordneten Quellnischen, die infolge der Auflockerung des Buntsandsteins durch den Wasseraustritt angelegt worden sind, und die später allenfalls wegen ihrer günstigen Lage stärkeren Schneemassen längeren Schutz vor dem Schmelzen gewährten, ohne daß sich ein ewiger Schnee dort entwickelt hätte. Die vor den Nischen gelegenen Riegel sind dann als Sturzmoränen zu betrachten, sie sind „der auf den Schnee des Kessels von den Wänden niedergebrochene Schutt, welcher über den Firn bis zu dessen unterem Ende abglitt".

Schließlich bestreitet der Verfasser, daß das Hakenschlagen der Schichtköpfe am Gehänge, die Stauchung und das Zerbrechen fester Bänke irgend etwas für Glazialwirkung beweise; soweit diese Vorgänge nicht normale Erscheinungen des Gehänges seien, könnten für ihre Entstehung diluviale Bodenbewegungen verantwortlich gemacht werden, wie sie namentlich auf Rügen in großem Maßstab bekannt geworden seien.

Ein zweiter Teil des Aufsatzes behandelt „Wesen und Bedeutung der Lößstratigraphie mit besonderer Berücksichtigung Süddeutschlands".

Den Streit, ob der Löß glazialen oder interglazialen Alters sei, hält *Deecke* zunächst für müßig, da der Löß als ein äolisches Produkt lediglich an das Vorhandensein ausblasbarer Gesteine und entsprechender Winde gebunden sei. Solche Vorbedingungen könnten aber sowohl während einer Eiszeit als auch zwischen zwei Eiszeiten gegeben gewesen sein; wie ja auch erst die heutigen chinesischen Staubstürme *Richthofen* die Erklärung dieses Gesteines geliefert hätten. Seiner Entstehung entsprechend kann der Löß alle Bodenformen gleichmäßig überdecken. Fehlt er irgendwo, so kann das seinen Grund haben in wechselnden Verhältnissen im Ursprungsgebiet des Lösses (z. B. Grasnarbe oder Eisbedeckung auf den auszublasenden Gesteinen), in geänderten Windverhältnissen oder in lokalen Bedingungen des Ablagerungsgebietes. Wenn aus einem dieser Gründe die Lößbildung örtlich aussetzte, so verlehmte der Löß. Ein Lehmband bedeutet demnach lediglich eine örtliche Unterbrechung der Lößbildung und besitzt keinerlei stratigraphischen Wert. In manchen Fällen ist die Verlehmung wohl auch eine Folge des zirkulierenden Grundwassers; dann ist ihre Entstehung erst recht nicht zeitlich festlegbar. Jedenfalls bestreitet *Deecke* entschieden die Möglichkeit, aus dem Auftreten mehrerer Lehmbänder bzw. Rekurrenzzonen namentlich im älteren Löß auf einen Wechsel der klimatischen Verhältnisse zu schließen und so die Lößgliederung mit Eis- und Zwischeneiszeiten in Vergleich zu setzen.

Indes geht *Deecke* nicht so weit, daß er die Grenze zwischen älterem und jüngerem Löß aufgäbe. Der jüngere Löß ist vor allem „heller, feiner, kalkreicher, lockerer, röhriger, sandärmer". „Zwischen beiden muß eine längere Pause in der Staubbewegung eingetreten sein."

Die Zweiteilung des Lösses findet der Verfasser wieder in einer allgemeinen Zweigliederung der eiszeitlichen Vorgänge auf der Erde. Indem er drei, ja vier Eiszeiten für völlig hypothetisch hält, gliedert er die Eiszeit zunächst in einen Maximalvorstoß, der Deutschland im Norden bis zu den Mittelgebirgen, von den Alpen aus bis an den Schwäbischen und Schweizer Jura erfaßte; dann erfolgte ein Rückzug, in dessen Begleitung zugleich eine Einsackung des Ostseegebietes mit gleichzeitiger Faltung erfolgte; in diese Zeit fällt auch der Einbruch des Bodenseegebietes und die Erneuerung der vulkanischen Tätigkeit im Rheinischen Schiefergebirge. Erst nach diesen Ereignissen erfolgte ein neuer, doch weniger weit sich erstreckender Vorstoß des Eises einmal bis zur baltischen Endmoräne, in Süddeutschland bis zum Bodenseegebiet.

Die Unterbrechung der Lößbildung zwischen älterem und jüngerem Löß fällt also zusammen mit der Zeit geringster Eisbedeckung und ausgedehnteren tektonischen Bewegungen. „Dies gestattet mit einem gewissen Recht, alle drei Erscheinungen ursächlich zu verbinden."

So verlockend auch dieser Versuch einer Zweiteilung der eiszeitlichen Erscheinungen ist, so muß doch darauf Bedacht genommen werden, daß durchaus nicht alle Forscher der Meinung *Deeckes* beipflichten, daß Junglöß und letzte Eiszeit zeitlich zusammenfallen. Viele glauben Beweise dafür zu haben, daß Gesteine der letzten Vereisung den Junglöß sogar überlagern, also jünger sind; daß der Löß die Niederterrasse meidet, läßt sich eher mit dieser Anschauung in Einklang bringen, als mit jener, die auch *Deecke* vertritt, daß die Niederterrasse als Ursprungsgebiet des Lösses von diesem selbst unbedeckt geblieben sei. Sollte sich die Anschauung von einem höheren Alter des Lösses, als es die letzte Eiszeit besitzt, durchsetzen, so wäre damit einem gewichtigen Gliede der Schlußfolgerungen *Deeckes* die Kraft entzogen.

Der Verfasser kündigt eine eingehendere Behandlung dieser zuletzt angedeuteten Beziehungen an, die den Gegenstand eines besonderen Aufsatzes bilden soll. *W. K.*

Brauchen wir eine Rassehygiene? Unter diesem Titel gibt *W. Schallmayer*, der Verfasser des Werkes *„Vererbung und Auslese in ihrer soziologischen und politischen Bedeutung"* neuerdings einen Überblick über diese Disziplin, ihre Grundlagen und Ziele (Leipzig, Repertoirenverlag). In einer Zeit, deren Erschütterungen auch vor unserem kostbarsten Besitze, dem an Menschen, nicht Halt machen, verdienen *Schallmayers* kurz gefaßte, aber alles Wesentliche berücksichtigende Darlegungen hohe Beachtung. Ihr Inhalt läßt sich kurz in folgende Sätze zusammenfassen: Die verbreitete Anschauung, daß Kulturnationen notwendig dem Nieder- und Untergange entgegengehen müßten, daß sie wie das Individuum reiften, alterten und abstürben, ist irrig, denn Nationen haben im Gegensatze zum Einzelnen keine organisch bedingte Lebensgrenze. Sie sterben keinen Alterstod, sondern höchstens einen durch äußere Einflüsse — Krieg, Naturkatastrophen, soziale und kulturelle Wandlungen — herbeigeführten. Unbewiesen bleibt auch die Auffassung, daß die hohe Kultur an sich die Rassetüchtigkeit verbrauche und so zur *Entartung* führen müsse. Falsch ist endlich die gegenteilige, unter Hinweis auf die Zunahme der Körpergröße und die vervollkommnete geistige Begabung der modernen Kulturvölker geäußerte Anschauung, daß die Gefahr einer Rasseentartung überhaupt nicht bestehe. Die angeführten Merkmale betreffen ja nur die ontogenetische Entwicklung des Individuums und sind nur durch günstigere äußere Bedingungen verursacht.

Wenn demnach in unserer Zeit eine Sicherung gedeihlicher Rasseentwicklung erforderlich erscheint, so hat das seine Ursache in der neuzeitlichen exzessiv intellektuellen, das Rasseinteresse zugunsten des Individualinteresses benachteiligenden Entwicklung, die störend in die natürlichen Grundlagen des Rassegedeihens eingreift und den quantitativ regulierenden *Geschlechtstrieb* wie die qualitativ regulierende *natürliche Auslese* willkürlich ändert. Jener hat eine Machteinbuße erfahren durch den modernen freiwilligen Verzicht auf Nachkommenschaft und noch mehr durch ihre künstliche Verhinderung, was sich in der Geburtenabnahme und — trotz kulturbedingter sinkender Sterblichkeit — in minderer Zunahme, Stillstand und endlicher Abnahme der Bevölkerung geltend macht. (Am stärksten, wiewohl durch die Einwanderung verschleiert, in der Union, dann folgt Frankreich, dann in einigem Abstande Deutschland, während Ostasien durch seinen Ahnenkult vor Rückgang geschützt, sich seit Jahrtausenden fleißig vermehrt; gelbe Gefahr!) Die *natürliche Auslese* aber erfährt eine Beeinträchtigung dadurch, daß die hohe wirtschaftliche und hygienische Kultur die körperlich wie geistig Minderwertigen vor strenger Auslese schützt und so den Tüchtigkeitsdurchschnitt herabsetzt (ungenügende Lebensauslese), daß im Daseinskampfe zwischen den Völkern mehr die kulturellen als die in der Rasse verankerten Überlegenheitsfaktoren den Ausschlag geben (ungünstige Kollektivauslese), daß endlich, weil die Erfüllung der kulturbedingten Bedürfnisse gewöhnlich auf Kosten der Fortpflanzung geht, gerade die für das Rassegedeihen wichtigeren, durch die Siebung von Jahrhunderten in den höheren Bevölkerungsschichten angereicherten begabteren Individuen sich in geringerem Maße fortpflanzen (ungünstige Fruchtbarkeitsauslese). Diese beständige Selbstausmerzung der Tüchtigeren führt zur Verarmung der Rasse, die auch ein dauernder Aufstieg Tüchtiger aus den unteren Ständen nicht aufhalten kann, weil diese ja dem gleichen Geschicke anheimfallen.

Die Kultur erschöpft also — nicht an sich, sondern wofern sie zur Fruchtbarkeitsbeschränkung führt — den in Zeiten geringerer Kultur durch natürliche Auslese erworbenen Vorrat an Rassetüchtigkeit. Die Wiederherstellung des gestörten Gleichgewichtes kann nur dadurch erfolgen, daß die Intelligenz nicht wie bisher nur individualistische und soziale, die staatliche Gesellschaft fördernde Ziele verfolgt, sondern auch dem Interesse der Rasse dient. Sie muß eine der sozialen Moral entsprechende generative Moral und einen bewußten Rassedienst anstreben. Dieser stellt die natürliche Grundlage des Rassegedeihens wieder her durch quantitative und qualitative Bevölkerungspolitik. Jene bekämpft die Sterblichkeit, insbesondere die der Säuglinge, und den Geburtenrückgang, diese sucht die ontogenetische Entwicklung des Individuums rassegünstig zu gestalten (Euthenik) und die phylogenetische des Gemeinwesens durch die Herbeiführung geeigneter Auslese zu fördern (Eugenik). Der Euthenik dienen Hygiene und Sozialpolitik; die Eugenik aber sucht durch Fernhaltung von Keimgiften den Tüchtigkeitsdurchschnitt der Fortzupflanzenden zu heben (durch Be-

kämpfung des Alkoholismus und der Geschlechtskrankheiten) und die der Fortpflanzung widrigen Schädlichkeiten, denen gerade die Tüchtigeren ausgesetzt sind, zu beseitigen (durch wirtschaftliche Aufbesserungen, Erziehungsbeiträge usw.). Nicht nur Kulturgut, sondern ungleich wertvolleres organisches Gut ist uns zu leihweisem Gebrauch anvertraut. Es zu wahren und gemehrt unseren Nachkommen zu hinterlassen, erfordert die Rassenmoral. *B. Brandt.*

Untersuchungsfahrt des Reichsforschungsdampfers „Poseidon" in das Barentsmeer im Juni und Juli 1913. Eine der wichtigsten Aufgaben der Kommission für internationale Meeresforschung, die ihre Arbeiten 1902 aufnahm, ist, die erforderlichen Daten zu einer Grundlage für internationale Übereinkünfte aufzubringen, die Schonmaßregeln gegen Überfischung und Veranstaltungen zur Hebung der Fischerei betreffen. Da die Scholle von der Grundnetzfischerei mit Dampfern in verhältnismäßig größerer Menge gefangen wird als ein anderer Fisch, war die Frage, ob eine Überfischung des Schollenbestandes in der Nordsee drohe oder bereits bestehe, brennend geworden. Es sind daher seit 1908 die Untersuchungen über die Scholle und die Schollenfischerei in den Vordergrund getreten. Der Direktor der Biologischen Station in Helgoland, Geheimrat *Heincke*, wies bald darauf hin, daß eine Lösung der Überfischungsfrage nur möglich sei, wenn die Untersuchungen sich nicht auf die schon so lange und so stark befischte Nordsee beschränkten, sondern auch auf erst kurze Zeit von der Grundnetzfischerei bearbeitete Meeresgebiete ausgedehnt würden, wie die Islandsee und besonders das Barentsmeer, in dem die neuere Grundnetzfischerei mit Dampfern erst im Jahre 1905 begann. Sie traf damals hier vom Menschen noch fast völlig unberührte Fischgründe an, und ihre ersten, außerordentlich reichen Fänge mit sehr zahlreichen großen Fischen, namentlich Schollen, bekundeten eine Ursprünglichkeit des Fischbestandes, wie sie in den nordeuropäischen Meeren sonst nirgends mehr angetroffen wurde. Einen wissenschaftlichen Beweis hierfür lieferten die Altersbestimmungen der Barentsmeerfische, die *Heincke* zuerst in den Jahren 1909/10 an einer größeren Zahl von Schollen ausführen konnte und ihr Vergleich mit entsprechenden Bestimmungen an Nordseeschollen. Es zeigte sich, daß die Schollen im Barentsmeere ein weit höheres Alter erreichen (bis zu 50 Jahren und mehr) als in irgendeinem anderen europäischen Meere, im besonderen aber eine viel höhere mittlere Lebensdauer haben als in der Nordsee. Das höchste an einer Nordseescholle bisher festgestellte Alter ist 38 Jahre gegen 52 im Barentsmeere. Schollen im Alter von 30 und mehr Jahren sind aber in der Nordsee so außerordentlich selten, daß davon unter den größeren Schollen von 30 cm Körperlänge an auf 10 000 Stück höchstens 2 kommen, im Barentsmeer dagegen mindestens 2000. Da aber die Barentsmeerschollen langsamer wachsende Arten sind als die der Nordsee, ist anzunehmen, daß der aufgehäufte Bestand an großen alten Schollen nach dem Einsetzen einer starken Grundnetzfischerei sehr bald verschwinden und dann eine Überfischung hier noch schneller eintreten wird als in der Nordsee. Hiernach eröffnete eine wissenschaftliche Erforschung des Nutzfischbestandes des Barentsmeeres gute Aussichten auf eine Lösung des Überfischungsproblems. Für den Sommer 1913 wurde von der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für die internationale Meeresforschung eine Untersuchungsfahrt des Reichsforschungsdampfers „Poseidon" nach dem Barentsmeere beschlossen, deren Ausführung im einzelnen der Biologischen Anstalt auf Helgoland übertragen wurde. Die Leitung der Fahrt und der biologischen Arbeiten hatte Prof. *Mielck*, die hydrographischen Arbeiten führte Prof. *Ruppin* aus.

Vardö wurde der Stützpunkt der Untersuchungen. Die erste Fahrt vom 21. bis 28. Juni 1913 führte nach SO an der Murmanküste entlang nach Kap Kanin und in etwa 100 sm Abstand von der Küste zurück nach Vardö. Die zweite Fahrt vom 30. Juni bis 11. Juli brachte zunächst Untersuchungen im Küstengebiet östlich der Rybatschihalbinsel, sodann einen Vorstoß nach Norden bis 72°55′ N, 39°19′ O. Diese Fahrt lieferte einen Querschnitt durch das ganze Gebiet und ebenfalls die Rückfahrt nach Kap Kanin. Die dritte Reise vom 23. bis 25. Juni führte wieder in die Gegend von Kap Kanin. Die Reisen erstreckten sich somit über das Gebiet 67½°—73°N, 31°—45°O.

Die Bearbeitung des gewonnenen Materials wurde durch den Krieg stark verzögert. Es liegen jetzt vor: 1. Einleitung, Reisebericht und Auszug aus dem Tagebuch von *W. Mielck* (Arbeiten der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für die internationale Meeresforschung B. Nr. 23, Oldenburg i. Gr. 1917), worin auch eine ausführliche Einführung in die Kenntnisse des Untersuchungsgebietes und ein Abschnitt über das Leben des Barentsmeeres nach den auf der Fahrt angestellten Beobachtungen enthalten ist. 2. Die Hydrographie des Barentsmeeres im Sommer 1913 von *E. Ruppin* (Arbeiten der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für die internationale Meeresforschung A. Nr. 12, Oldenburg i. Gr. 1919). Im allgemeinen konnten die Beobachtungen und Schlüsse von *Knipowitsch* aus dem Jahre 1905 bestätigt werden. Weitere Abhandlungen werden folgen. *B. Sch.*

Die direkte Verwendung von rohem Gaswasser zu Düngezwecken bespricht Dr. *Kayser* im Journal für Gasbeleuchtung Bd. 61, S. 121. Durch den Schwefelsäuremangel während des Krieges wurde die Frage nahegelegt, ob das rohe Gaswasser nicht direkt zum Düngen verwendbar sei. Es ist hierbei jedoch zu berücksichtigen, daß das rohe Gaswasser eine Reihe von Stoffen enthält, die den Pflanzen schädlich sind, wie z. B. Rhodan- und Cyansalze, Phenole, Pyridinbasen und Naphthalin. Letzteres ist an sich zwar ein neutraler Körper, doch verstopft es die Poren der Pflanzen. Von nützlichen Bestandteilen des Gaswassers ist in erster Linie das Ammoniak zu nennen, ferner die Kohlensäure, die die allzu rasche Verflüchtigung des Ammoniaks verzögert, und schließlich die verschiedenen Schwefelverbindungen, die im Boden letzten Endes alle zu Sulfat oxydiert werden. Die schädlichen Stoffe, namentlich das Rhodanammonium, sind, trotzdem sie nur in sehr geringer Menge im Gaswasser vorkommen, nicht außer acht zu lassen. Infolgedessen darf rohes Gaswasser nicht zur Düngung der Pflanzen, sondern ähnlich wie auch die Jauche, nur zur Düngung unbebauten Bodens verwendet werden. Ferner kommt es für die Wiesendüngung nach dem letzten Schnitt in Frage. Schließlich kann man auch das Gaswasser mit trockenem Torf zusammen oder mit anderen Materialien auf Mischdünger verarbeiten, doch sind hiermit erhebliche Ammoniakverluste verbunden. Der Erfolg der Düngung mit rohem Gaswasser hängt noch von einer Reihe anderer Faktoren ab, so von der Art des Bodens und von dem Wetter. Die schädlichen Bestandteile des Gaswassers

wirken übrigens auch auf das Ungeziefer im Boden giftig ein und können so nützlich wirken.

Über das Vorkommen von Brenzkatechin und Hydrochinon in lebenden Pflanzen macht *E. O. von Lippmann* interessante Mitteilungen. Während eines langen regenlosen Spätsommers beobachtete er bei einigen alten Platanen, daß sich sehr frühzeitig von der Rinde Stücke bis zu 1 m Länge loslösten und sich in auffälliger Weise zum Teil spiralig zusammenrollten. An einigen dieser Stücke bemerkte Verfasser an einem der heißesten Tage in der Frühe auf der Innenseite einen glänzenden kristallinischen Belag, der schneeweiß war und sich leicht ablösen ließ. Die nähere Untersuchung dieses Belags ergab, daß er sich leicht und unzersetzt sublimieren ließ, aus Wasser in kleinen Blättchen vom Schmelzpunkt 103° auskristallisierte, mit Bleiacetat einen weißen Niederschlag und mit Eisenchlorid die bekannte smaragdgrüne Färbung lieferte, die bei Zusatz von Sodalösung in Rotviolett übergeht. Es handelte sich somit um Brenzkatechin, wie auch die Elementaranalyse der Substanz bewies.

Einen ähnlichen Anflug bemerkte *Lippmann* zur selben Zeit an einer frischen Pfropfstelle einiger Birnbäume, und zwar nur auf der Sonnenseite in Form eines glitzernden Ringes. Die nähere Untersuchung dieser Substanz ergab, daß es sich dabei um Hydrochinon handelte. Sein Vorkommen in den Blütenknospen von Birnbäumen ist allerdings schon früher beobachtet worden, dagegen ist das Vorkommen von Brenzkatechin bei Platanen bisher noch nicht beschrieben worden. (Ber. Dt. Chem. Ges., 51. Jahrg., S. 272.)

Über Staubexplosionen macht *R. Liebetanz* in der Zeitschrift „Rauch und Staub" 1919, S. 53 bis 54, nähere Mitteilungen. Staub der verschiedensten Art, so von Kohlen, Schwefel, Mehl, Getreide, Kork, Stärke, Malz usw., kann unter bestimmten Voraussetzungen entzündet und unter Explosionserscheinungen verbrannt werden. Besonders explosiv ist der Staub von Buchweizenmehl und Malz, der sich schon bei einem Gehalt von 18 bis 20 g in 1 m³ Luft entzündet, während die untere Explosionsgrenze für Holz-, Kork- und Stärkestaub bei einem Gehalt von 18 bis 40 g liegt. Explosionen in Mühlen entstehen in der Regel dadurch, daß Nägel oder harte Steine zwischen den Mühlsteinen glühend werden und einen langen Funkenstrom erzeugen. Außer durch glühende Metall- oder Steinteile können auch durch offene Flammen natürlich Explosionen eintreten. In Mühlen muß daher zur Verhütung von Explosionen sorgfältig darauf geachtet werden, daß Ansammlungen größerer Staubmengen in einem Raume verhindert, keine offenen Lampen verwendet und das Heißlaufen rotierender Zapfen vermieden wird.

Zu den folgenschwersten Explosionen gehören zweifellos die Kohlenstaubexplosionen, über deren Entstehung man lange Zeit im Unklaren war. Heute weiß man jedoch, daß der Kohlenstaub sich vermittels der bei seiner plötzlichen Erhitzung entstehenden Kohlenwasserstoffe an den Explosionen schlagender Wetter beteiligt. Wenn die Luft eine zur Fortpflanzung der Flamme erforderliche Menge Staub enthält, kann sich die Explosion auf unbegrenzte Entfernungen weiter ausdehnen und hierbei weitere Staub- und Gasansammlungen zur Entzündung bringen. Der dabei auftretende Gasdruck ist in erster Linie von der chemischen Zusammensetzung der Kohle abhängig.

Die Feuergefährlichkeit des Kohlenstaubes ist von drei Umständen abhängig: 1. müssen ausreichende Mengen Staub vorhanden sein; 2. muß der Staub lebhaft aufgewirbelt werden und 3. muß die die Explosion einleitende Feuererscheinung kräftig genug sein, den aufgewirbelten Staub bis zur Abgabe von Gasen zu erhitzen und diese sofort zu entzünden. Hinreichende Staubmengen sind in fast allen einigermaßen trockenen Gruben vorhanden und zur Entzündung des Staubes genügende Stoß- und Feuererscheinungen treten bei Abgabe eines Sprengschusses durch Schwarzpulver oder bei gewöhnlichen Grubengasexplosionen in der Regel auf. Dynamit und andere brisante Sprengstoffe ergeben dagegen nur dann eine Explosion, wenn das Grubengasgemenge mehr als 4 % Methan enthält. Es hat sich ferner gezeigt, daß der Kohlenstaub am explosivsten ist, wenn er 25 bis 30 % gasförmige Bestandteile enthält; dies ist bei Fettkohlen der Fall, die daher die stärkste und schnellste Explosionsflamme ergeben, während der Staub von gasarmer Magerkohle am ungefährlichsten ist. Die Staubbildung ist bei weichen Kohlen am größten, sie wird ferner beim Vorhandensein wasserundurchlässiger Deckschichten begünstigt, da hier jeglicher Wasserzufluß fehlt. Verfasser teilt noch weitere Einzelheiten über die Erscheinung der Kohlenstaubexplosionen mit und berichtet dann über die verschiedenen Mittel zur Verhütung dieser Explosionen. Am wirksamsten sind eine geregelte Luftzuführung und eine regelmäßige Besprengung der Arbeitsstellen mit Wasser, ferner Sicherheitslampen mit doppeltem Drahtkorb und innerer Zündung sowie möglichste Einschränkung der Schießarbeit. Durch die im Jahre 1903 auf der Grube „Königin Luise" vorgekommene Staubexplosion wurde die weitverbreitete Ansicht widerlegt, daß Kohlenstaub nur nach vorheriger Schlagwetterexplosion zur Entzündung gebracht werden könne. *S.*

Kolloidale Elektrolyte. In der zweiten Augustnummer der *Nature* (1920) findet sich ein Referat über Arbeiten von Prof. *Mc. Bain* (Physik-chem. Laborat. der Bristol-Universität), die in den Proc. R. S. 1920 *A*, *97*, 44—65, ferner in den Trans. C. S. 1919, *115*, 1279 bis 1300 niedergelegt sind. Die Untersuchung beschäftigt sich damit, die Eigenschaften von Seifenlösungen verschiedener Konzentrationen zu studieren und findet die auffallende Tatsache, daß diese Lösungen eine ungewöhnlich hohe elektrische Leitfähigkeit besitzen. Die Hydrolyse kann der Grund dieses Verhaltens nicht sein, wie durch gleichzeitige Bestimmungen der OH′-Konzentration nach der Methode der Esterverseifung und der Messung der E. K. erwiesen wurde. *Mc. Bain* nimmt vielmehr an, daß sich in solchen „kolloidalen Elektrolyten" Ionen von besonders großer räumlicher Ausdehnung, sogenannte „Micellen" bilden. Der Verfasser schreibt diesen vielfach hydratisierten, komplexen, mehrwertig elektrisch geladenen „cluster of ions" große Ionenbeweglichkeit zu und stützt diese Theorie durch Bestimmungen der osmotischen Aktivität nach der Methode der Erniedrigung des Schmelzpunktes und Dampfdruckes jener Lösungen. Mit zunehmender Konzentration sinkt die osmotische Aktivität bis zu einem Minimum, durchläuft darauf ein Maximum und fällt schließlich für die höchsten Konzentrationen auf einen niedrigen Wert herab. — Der Referent der *Nature* mißt den Untersuchungen *Mc. Bains*, die sich über die letzten sechs Jahre erstrecken, ganz hervorragende Bedeutung zu.

J. Eggert.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 43. (Seite 839—854) **22. Oktober 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen. Von *Fritz Paneth, Hamburg.* S. 839.

Die Lichtphysiologie der Pflanzen. Von *Fritz Jürgen Meyer, Braunschweig.* (Mit 5 Abbildungen.) S. 842.

Besprechungen:

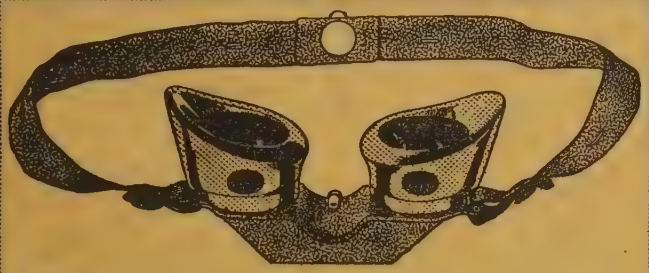
Bumke, Oswald, Die Diagnose der Geisteskrankheiten. Von *F. Sioli, Bonn.* S. 852.

Gerke, O., Botanisches Wörterbuch. Von *E. Küster, Bonn.* S. 852.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 852-854.

Eine Fahrt auf dem Pungueflusse in Mosambik. Die arktischen Elemente in der aralokaspischen Fauna. Die Gewinnung von Benzolkohlenwasserstoffen aus Erdöl. Kohlenheizöl, ein neuer Brennstoff.

ZEISS



Binokulare-Lupen

Räumliches Sehen
für botanische – zoologische –
mineralogische – chemische
Beobachtungen

LUPEN

für

Naturwissen-
schaftler und
Naturfreunde

BERLIN HAMBURG CARL ZEISS JENA WIEN BUENOS AIRES

Druckschriften „Medlu 29" kostenlos

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.
Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.
Bei jährlich 6 13 26 52 maliger Wiederholung
10 20 30 40% Nachlass.
Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.
Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztewelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.
Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G.m.b.H. & Cie., CÖLN a. Rh.

Astronomie, Geophysik, Meteorologie, Archäologie, Chronologie, Physik und andere Wissenschaften behandelt die

Astronomische Zeitschrift

Illustrierte Monatsschrift; herausgegeben von **Arthur Stentzel,** 14. Jahrgang
Anerkannt schnelle Berichterstattung über neue Entdeckungen und Beobachtungen (222
Preis: ganzjährig 24 M., halbjährig 12 M. Probenummern u. Prospekte durch den **Verlag, Hamburg 19**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

NATURWISSENSCHAFTLICHE MONOGRAPHIEN UND LEHRBÜCHER

Herausgegeben von den Herausgebern der „Naturwissenschaften"

Soeben erschien:

Dritter Band:

Die Relativitätstheorie Einsteins

und ihre physikalischen Grundlagen

Gemeinverständlich dargestellt von

Max Born

Mit 129 Textabbildungen und einem Porträt Einsteins

Preis M. 34.—; gebunden M. 42.—

Vorzugspreis für Abonnenten der „Naturwissenschaften" M. 30.—; gebunden M. 38.—

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 22. Oktober 1920. Heft 43.

Die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen.

Von Fritz Paneth, Hamburg.

„Als bedeutsamster Fortschritt seit dem Erscheinen der ersten Auflage ist die Vervollkommnung der Kanalstrahlenanalyse durch *F. W. Aston* zu verzeichnen", mit diesem Satz beginnt *Kasimir Fajans* das Vorwort zur zweiten Auflage seines Buches „Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen"[1]). Sie ist der ersten, deren große Vorzüge ich in dieser Zeitschrift zu besprechen Gelegenheit hatte[2]), in weniger als einem Jahr gefolgt, und es sei gleich an dieser Stelle hervorgehoben, daß der Autor die ihm dadurch gebotene Möglichkeit, die inzwischen hinzugekommenen wissenschaftlichen Ergebnisse aufzunehmen, voll ausgenützt hat, so daß das Buch jetzt alle bis März 1920 erschienenen wichtigeren Arbeiten auf diesem Gebiet umfaßt. Zu bemerken ist aber, daß *Fajans* gerade in der Darstellung jener Ergänzung, die er selber als die bedeutsamste bezeichnet, nämlich der *Aston*schen Versuche, eine Form wählt, die sich an seine Auffassung der Isotope anschließt, während *Aston* selber, namentlich in seinen späteren Mitteilungen, den gegenteiligen Standpunkt einnimmt, und es sei darum hier die Frage aufgeworfen, ob diese Änderung empfehlenswert ist.

Worum es sich bei *Astons* Untersuchungen handelt, daß es diesem Schüler *J. J. Thomsons* durch eine außerordentlich sinnreiche Verbesserung des bekannten Apparates zur Kanalstrahlenanalyse gelungen ist, bei verschiedenen nicht radioaktiven Elementen die Erscheinung der Isotopie nachzuweisen, ist den Lesern dieser Zeitschrift aus Referaten bekannt[3]). *Aston* hat inzwischen seine Methode auf weitere Elemente angewendet[4]), so daß sich seine Ergebnisse nach den bis heute vorliegenden Berichten folgendermaßen darstellen lassen, wobei wir, wie üblich, die Elemente in der alphabetischen Reihenfolge ihrer Symbole ordnen.

Sämtliche von *Aston* festgestellte Atomgewichte, von Wasserstoff abgesehen, sind innerhalb der Genauigkeit seiner Methode ganze Zahlen (auf O = 16,00 bezogen); man muß daher

		Bisher angenommenes Atomgewicht	Wirkliche Atomgewichte
Ar	Argon	39,88	40 u. wahrscheinl. 36
As	Arsen	74,96	75
B	Bor	11,0	10 und 11
Br	Brom	79,92	79 und 81
C	Kohlenstoff	12,005	12
Cl	Chlor	35,46	35; 37 u. vielleicht 39
F	Fluor	19,0	19
H	Wasserstoff	1,008	1,008
He	Helium	4,00	4
Hg	Quecksilber	200,6	197; 200; 202; 204 u. a.
Kr	Krypton	82,92	78; 80; 82; 83; 84 u. 86
N	Stickstoff	14,01	14
Ne	Neon	20,2	20; 22 u. vielleicht 21
O	Sauerstoff	16,00	16
P	Phosphor	31,04	31
S	Schwefel	32,06	32 u. vielleicht andere
Si	Silicium	28,3	28; 29 u. vielleicht 30
X	Xenon	130,2	128; 130; 131; 133 u. 135

erwarten, daß die Fortsetzung der Arbeit noch bei allen jenen Elementen Isotopie nachweisen wird, die sich um mehr als ganz kleine Beträge von der Ganzzahligkeit unterscheiden, darüber hinaus aber vielleicht noch bei einigen andern, da sich ja im Fall des Broms gezeigt hat, daß auch ein praktisch ganzzahliges Element aus mehr als einer Art von Atomen bestehen kann.

Die fundamentale Bedeutung, die diese Erkenntnis für unsere Atomtheorie hat — vielleicht der wichtigste Fortschritt seit ihrer Aufstellung durch *Dalton* —, ist so in die Augen springend, daß sich jedes Wort zur Erklärung erübrigen dürfte; man wird dieser Bedeutung aber meines Erachtens in der Darstellung nur dann gerecht, wenn man das Ergebnis, ebenso wie *Aston* selber, mitteilt als den experimentellen Beweis, daß der alte Satz von *Dalton* „Die Atome eines chemischen Elements sind untereinander völlig gleich" widerlegt ist und wir heute wissen, daß manche Elemente aus einer Art, andere aus mehreren Arten von Atomen aufgebaut sind. Wasserstoff, Sauerstoff, Fluor, Phosphor z. B. sind, wenn wir einen kurzen Ausdruck verwenden wollen, „Reinelemente", Bor, Neon, Chlor, Brom „Mischelemente", allen gebührt aber nach wie vor der Name eines chemischen Elements. Im Gegensatz dazu spricht *Fajans* in seinem Buch davon, daß sich von verschiedenen „Typen", z. B. dem Chlortypus, mehr als ein Element hat auffinden lassen, er faßt also den Stoff, den man sich aus Chloratomen bloß vom Gewicht 35 zu-

[1]) Sammlung Vieweg, Heft 45, Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn 1920. VIII, 115 S., 9 Abbildungen, 10 Tabellen. Preis M. 4,— plus Teuerungszuschlag.

[2]) Die Naturwissenschaften *8*, 94 (1920).

[3]) Ebenda 289 und 607.

[4]) Nature *105*, 547 (1920).

sammengesetzt denken kann — seine Isolierung ist noch nicht gelungen —, als ein anderes chemisches Element auf als jenes Chlor, welches aus Atomen vom Gewicht 37 besteht, und zählt das in der Natur vorkommende „Chlor" mit seinem völlig konstanten Verbindungsgewicht nicht mehr zu den chemischen Elementen[1]).

Die Frage, ob Isotope als verschiedene chemische Elemente oder nur als verschiedene Arten desselben chemischen Elements aufgefaßt werden sollen, habe ich vor fünf Jahren diskutiert und damals bereits eine Entscheidung im letzteren Sinn empfohlen[2]); damals waren — von den inaktiven Endprodukten der Zerfallsreihen abgesehen — nur die radioaktiven Isotope sicher bekannt, also Stoffe, die man getrennt in der Natur vorgefunden und an ihrem verschiedenen radioaktiven Verhalten als verschieden erkannt hatte, mehrere Jahre bevor die Radiochemie die Entdeckung machte, daß sie sich in chemischer Beziehung in keiner nachweisbaren Weise unterscheiden und daher, einmal miteinander gemischt, nicht wieder getrennt werden können. Vor Erkennung dieses chemischen Verhaltens hatte man sie selbstverständlich als verschiedene Elemente betrachtet, da man von der Möglichkeit der Isotopie damals ja gar nichts ahnte; die angestellte Revision führte mich aber zum Resultat, daß man den chemischen Sinn des Elementbegriffs besser bewahrt, wenn man sie nur als verschiedene Arten desselben chemischen Elements ansieht, und ihre chemisch untrennbare Mischung als ein „Mischelement".

Es war mir interessant zu sehen, daß meine Arbeit im allgemeinen mehr Widerspruch als Zustimmung fand; es gehörte damals ein gewisses Abstrahieren von den augenfälligen radioaktiven Unterschieden dazu, um sich auf den eigentlichen chemischen Sinn des Elementbegriffs zu konzentrieren. Jetzt tritt dieselbe Frage — verschiedene chemische Elemente oder Arten desselben Elements — abermals an uns heran, aber von einer ganz andern Seite; nicht verschiedene Stoffe erweisen sich nachträglich als chemisch identisch, sondern seit alter Zeit bekannte und für einheitlich gehaltene Elemente lassen sich durch ein besonderes Verfahren in verschiedene Fraktionen zerlegen, die untereinander keinerlei nachweisbare chemische Unterschiede zeigen. Ich glaube, daß nun dieselbe Auffassung, die früher nur durch historische und logische Überlegungen einleuchtend gemacht werden konnte, nun von jedem Chemiker, der sich seinem einfachen naturwissenschaftlichen Gefühl überläßt, als die sinngemäße empfunden werden wird: nicht neue chemische Elemente sind von *Aston* entdeckt, sondern nur die verschiedenen Atomarten, die die bekannten Elemente enthalten, aufgeklärt worden. Wenn wir diese Ausdrucksweise aber bei *Astons* Versuchen als die den Tatsachen besser angepaßte ansehen, müssen wir den radioaktiven Isotopen gegenüber konsequenterweise denselben Standpunkt einnehmen; und nur Konsequenz ist es ja umgekehrt, was *Fajans* veranlaßt, den von *Aston* ohne weiteres Besinnen gewählten Weg nicht zu betreten.

Wie einfach und klar läßt sich mit *Aston* alles beschreiben, wenn man sich nicht scheut, die Existenz von Mischelementen zuzugeben, diese aber sowohl wie die Reinelemente als richtige chemische Elemente betrachtet[1]). Und wieviel schwerer verständlich wird die Diktion, wenn man von einem Elementtypus Chlor redet, von dem zwei „noch nicht benannte" Elemente existieren, oder wenn man gar Quecksilber aus vier oder mehr verschiedenen zum gleichen Typus gehörenden chemischen Elementen zusammengesetzt sein läßt[2]).

Wie umständlich schließlich und unpraktisch wird eine Elementtabelle, wenn man alle Atomarten (= Elemente im Sinne von *Fajans*) darin verzeichnet und nur in Anmerkungen auf das für den Chemiker doch vor allem wichtige Verbindungsgewicht der in der Natur vorkommenden Isotopenmischung hinweist[3]). Wesentlich zweckmäßiger scheint mir doch, für alle chemisch Arbeitenden eine Tabelle „Verbindungsgewichte der Elemente" herauszugeben, die vollkommen die bisherige Atomgewichtstabelle vertreten kann, ganz dieselben Glieder (= Elemente im alten Sinn) umfaßt, gleichgültig, ob diese sich als Reinelemente oder als Mischelemente entpuppt haben, und als einzige Neuerung auf die experimentell festgestellten Schwankungen der Verbindungsgewichte aufmerksam macht. Hierbei würde ich empfehlen, nur jene Schwankungen der Verbindungsgewichte aufzunehmen, die bei natürlich vorkommenden Stoffen beobachtet wor-

[1]) Zur Zeit der Abfassung des Buches lagen erst einige der oben zusammengestellten Ergebnisse von *Aston* vor, doch rechnet auch *Fajans* schon mit einer starken Vermehrung der Isotopiefälle bei inaktiven Elementen, die er in gleicher Weise seiner Systematik unterwerfen will, wie das Chlor (loc. cit. S. 97).

[2]) Z. phys. Chem. *91*, 171 (1916).

[1]) *Aston* verwendet öfters wörtliche Übersetzungen der vom Verfasser vorgeschlagenen Termini „Reinelement" und „Mischelement", nämlich „pure element" und „mixed element", die sich aber wohl weniger eignen dürften, als die durch die Eigenart des Deutschen ermöglichten Komposita, weil sie ohne Anführungszeichen nicht ohne weiteres als Fachausdrücke kenntlich sind. Zweckmäßiger dürften darum im Englischen zur Bezeichnung dieses Begriffspaars die gleichfalls von *Aston* verwendeten Ausdrücke „simple element" und „complex element" sein. Aus demselben Grunde empfiehlt es sich auch nicht, als Rückübersetzung aus dem Englischen von „reinen Elementen" statt von Reinelementen zu reden, wie dies bereits manchmal geschieht.

[2]) Als kaum zu vermeidende weitere Entwicklung ist der Sprachgebrauch *E. Kohlweilers* anzusehen, der z. B. Uran, also einen konkreten Stoff, für kein Element, sondern einen Elementtypus erklärt (Phys. Zeitschr. *21*, 203 [1920]) und in demselben handgreiflichen Sinn auch vom „Elementtypus Jod" redet (Z. phys. Chem. *95*, 95 [1920]). Gemeint ist Isotopengemisch (Mischelement).

[3]) Loc. cit. S. 102.

den sind, nicht aber künstlich durch mühevolle Fraktionierungsverfahren erzielte; etwa in der Art, wie es folgende Tabelle zeigt[1]).

Verbindungsgewichte der Elemente

Ag	Silber	107,88	Na	Natrium	23,00
Al	Aluminium	27,1	Nb	Niobium	93,5
Ar	Argon	39,88	Nd	Neodym	144,3
As	Arsen	74,96	Ne	Neon	20,2
Au	Gold	197,2	Ni	Nickel	58,68
B	Bor	11,0	O	Sauerstoff	16,00
Ba	Barium	137,37	Os	Osmium	190,9
Be	Beryllium	9,1	P	Phosphor	31,04
Bi	Wismut	208,0	Pb	Blei, normal	207,20
Br	Brom	79,92		Schwan-	
C	Kohlenstoff	12,005		kungen bis	206,0
Ca	Calcium	40,07		und bis	207,9
Cd	Cadmium	112,40	Pd	Palladium	106,7
Ce	Cerium	140,25	Pr	Praseodym	140,9
Cl	Chlor	35,46	Pt	Platin	195,2
Co	Kobalt	58,97	Ra	Radium	226,0
Cr	Chrom	52,0	Rb	Rubidium	85,45
Cs	Caesium	132,81	Rh	Rhodium	102,9
Cu	Kupfer	63,57	Ru	Ruthenium	101,7
Dy	Dysprosium	162,5	S	Schwefel	32,06
Er	Erbium	167,7	Sb	Antimon	120,2
Eu	Europium	152,0	Sc	Scandium	44,1
F	Fluor	19,0	Se	Selen	79,2
Fe	Eisen	55,84	Si	Silicium	28,3
Ga	Gallium	69,9	Sm	Samarium	150,4
Gd	Gadolinium	157,3	Sn	Zinn	118,7
Ge	Germanium	72,5	Sr	Strontium	87,63
H	Wasserstoff	1,008	Ta	Tantal	181,5
He	Helium	4,00	Tb	Terbium	159,2
Hg	Quecksilber	200,6	Te	Tellur	127,5
Ho	Holmium	163,5	Th	Thor, norm.	232,1
In	Indium	114,8		Schwank. bis	231,5
Ir	Iridium	193,1	Ti	Titan	48,1
J	Jod	126,92	Tl	Thallium	204,0
K	Kalium	39,10	Tu	Thulium	168,5
Kr	Krypton	82,92	U	Uran	238,2
La	Lanthan	139,0	V	Vanadium	51,0
Li	Lithium	6,94	W	Wolfram	184,0
Lu	Lutetium	175,00	X	Xenon	130,2
Mg	Magnesium	24,32	Y	Yttrium	88,7
Mn	Mangan	54,93	Yb	Ytterbium	173,5
Mo	Molybdän	96,0	Zn	Zink	65,37
N	Stickstoff	14,01	Zr	Zirkonium	90,6

[1]) Vgl. Z. phys. Chem. *92*, 677 (1917). Dort sind die Edelgase ausgelassen worden, weil ihr „Verbindungsgewicht" nicht den einfachen Wortsinn hat, wie bei den andern Elementen; da die sinngemäße Übertragung dieses Begriffes aber jedem Chemiker verständlich ist, haben sie in obiger Tabelle — wie übrigens auch in allen von *Ostwald* publizierten Tabellen der „Verbindungsgewichte" — ihren gewohnten Platz. An sonstigen Änderungen ist nur die größere Schwankungsbreite bei Blei zu nennen (*O. Hönigschmid*, Z. f. Elektr. *25*, 91 [1919]); Revisionen der andern Werte wurden nicht vorgenommen, da den Entscheidungen der Deutschen Atomgewichtskommission nicht vorgegriffen werden soll.

Für wissenschaftlich-theoretische Zwecke kann man außerdem eine Tabelle der Atomgewichte zusammenstellen, die man heute zweckmäßig auf jene Elemente beschränkt, die entweder im Masse-Spektrographen *Astons* geprüft sind oder bei denen sich aus radiologischen Tatsachen Schlüsse auf die Größe wenigstens einiger ihrer Atomgewichte ziehen lassen; sie würde im gegenwärtigen Zeitpunkt etwa das Aussehen nachstehender Tabelle haben, welche erkennen läßt, wie gut sich die radioaktiven Isotope den von *Aston* entdeckten anschließen, wenn auch das Material noch zu unvollständig ist, um die zu Grunde liegenden genetischen Gesetze erkennen zu lassen. Die Elemente sind hier nicht nach der Reihenfolge ihrer Symbole, sondern nach ihrer Kernladungszahl geordnet, wodurch die großen Lücken, die noch zu füllen sind, deutlich werden. Manche der Werte sind noch unsicher, bei einigen weiteren könnte man vielleicht schon die Aufnahme rechtfertigen, kurz hier ist noch alles in der

Atomgewichte der Elemente
(Wenn eine Atomart einen eigenen Namen hat, ist das betreffende Symbol beigefügt)

Kernladungszahl:		
1	Wasserstoff	1,008
2	Helium	4
5	Bor	10 und 11
6	Kohlenstoff	12
7	Stickstoff	14
8	Sauerstoff	16
9	Fluor	19
10	Neon	20 und 22
14	Silicium	28 und 29
15	Phosphor	31
16	Schwefel	32
17	Chlor	35 und 37
18	Argon	36 und 40
33	Arsen	75
35	Brom	79 und 81
36	Krypton	78; 80; 82; 83; 84 und 86
54	Xenon	128; 130; 131; 133 und 135
80	Quecksilber	197; 200; 202 und 204
81	Thallium	AcC″ 206; ThC″ 208; RaC″ 210
82	Blei	RaG 206; AcD 206; ThD 208; RaD 210; AcB 210; ThB 212; RaB 214
83	Wismut	RaE 210; AcC 210; ThC 212; RaC 214
84	Polonium	Po 210; AcC′ 210; ThC′ 212; RaC′ 214; AcA 214; ThA 216; RaA 218
86	Emanation	AcEm 218; ThEm 220; RaEm 222
88	Radium	AcX 222; ThX 224; Ra 226; $MsTh_1$ 228
89	Actinium	Ac 226; $MsTh_2$ 228
90	Thorium	RdAc 226; RdTh 228; Io 230; UY 230; UX_1 234
91	Protactinum	Pa 230; UX_2 234
92	Uran	U_{II} 234; U_I 238

Entwicklung begriffen. Die Tabelle „Verbindungsgewichte der Elemente“ bleibt aber davon ganz unberührt, und „gerade in der Ausschaltung aller einem so neuen Gebiet notwendig anhaftenden Unsicherheiten aus der für den praktischen Gebrauch bestimmten Elementtabelle möchten wir einen Hauptvorteil der vorgeschlagenen Tabellentrennung sehen“[1]).

Zuletzt sei noch kurz die Frage gestreift, wie der Begriff des chemischen Elements definiert werden soll, um zu obiger Einteilung zu führen; dabei will ich auf das betreffende Kapitel des Buches von *Fajans* nicht kritisch eingehen[2]), sondern nur meinen eigenen Standpunkt skizzieren. Ich würde auch heute, nach der *„Zerlegung“* des Stickstoffs durch *Rutherford* und der *„Entmischung“* zahlreicher anderer Elemente durch *Aston* — letzterer Ausdruck scheint zur Charakterisierung dieses ganz andersartigen Vorgangs geeignet — ebenso wie früher[3]) folgende Fassungen empfehlen:

Ein chemisches Element ist ein Stoff, dessen sämtliche Atome gleiche Kernladung haben. Beispiele: Wasserstoff (Kernladung 1), Chlor (Kernladung 17), Blei aus einem beliebigen Mineral (Kernladung 82), Blei aus zerfallener Radiumemanation[4]) (Kernladung 82).

Ein Reinelement ist ein Element, das nur aus einer Art von Atomen besteht. Beispiele: Wasserstoff (Atome vom Gewicht 1,008), Blei aus Radiumemanation (Atome RaD — β-strahlend — vom Gewicht 210).

Ein Mischelement ist ein Element, das aus mehreren Arten von Atomen besteht. Beispiele: Chlor (Atome vom Gewicht 35 und 37), Blei aus reinster Pechblende (Atome Radium G vom Gewicht 206, Atome Actinium D vom Gewicht 206, Atome Radium D vom Gewicht 210, die letztgenannten β-strahlend).

Die Frage der zweckmäßigsten Darstellung der Erscheinung der Isotopie ist selbstverständlich von untergeordneter Bedeutung gegenüber den grundlegenden Tatsachen, die zuerst von verschiedenen Forschern durch radiochemische Untersuchungen und jetzt von *Aston* durch Masse-Spektroskopie bewiesen worden sind, und ich habe darum auch, nachdem ich meine Auffassung einmal dargelegt hatte, nur gelegentlich und nur auf einen Teil der gegen sie erhobenen Einwände geantwortet[1]), ohne die andern damit als berechtigt anzuerkennen. Wenn ich hier nochmals das Wort in dieser Angelegenheit ergreife, so geschieht es deswegen, weil mir Gefahr zu bestehen scheint, daß man sich — nicht zuletzt wegen des wohl begründeten Einflusses, den das Buch von *Fajans* ausübt und hoffentlich im Interesse der Verbreitung radiologischer Kenntnisse in immer steigendem Maße ausüben wird — von der einfachen und natürlichen Betrachtungsweise fernhält und dadurch unnötige Schwierigkeiten schafft. Man habe endlich den Mut, den Satz von *Dalton* — Anzahl der Elemente gleich der der Atomarten — aufzugeben, und bewahre dadurch die alten chemischen Elemente in ihrer Zahl und in ihrer Bedeutung!

---

[1]) Z. phys. Chem. *92*, 682. — Die Aufgabe einer Atomgewichtskommission kann m. E. nur darin liegen, die Werte der Tabelle „Verbindungsgewichte der Elemente“ zu revidieren, weil nur die Verbindungsgewichte in die zahllosen alltäglich in Laboratorium und Fabrik ausgeführten Berechnungen eingehen und nur hier eine bis zu einem gewissen Grade konventionelle Regelung erforderlich ist. Wer sich aber aus wissenschaftlichen Gründen für die Atomgewichte interessiert, wird zwar auch für eine von irgendeiner Seite gegebene übersichtliche Zusammenstellung dankbar sein, nach einer alljährlich zu treffenden Vereinbarung aber keinerlei Bedürfnis empfinden, um so weniger, als kommissionell herausgegebene Tabellen notwendig gegenüber den neuen Publikationen etwas rückständig sein müssen.

[2]) Vgl. Die Naturwissenschaften *8*, 94 (1920).

[3]) Z. phys. Chem. *91*, 194; *93*, 87; Die Naturwissenschaften *6*, 647.

[4]) Kann in sichtbaren Mengen gewonnen werden (vgl. Phys. Zeitschr. *15*, 797 [1914]; Ber. d. deutsch. chem. Ges. *47*, 2784 [1914]).

Die Lichtphysiologie der Pflanzen.

Von Fritz Jürgen Meyer, Braunschweig.

In der pflanzenphysiologischen Literatur der letzten Jahre nehmen die Arbeiten, welche sich mit der Einwirkung des Lichtes auf die Einzelpflanze und auf die Pflanzenwelt beschäftigen, einen breiten Raum ein; und das ist durchaus nicht verwunderlich, wenn man beachtet, daß es von der Keimung bis zur Samenreife wohl keine Erscheinung im Pflanzenleben gibt, für welche die Lichtverhältnisse gleichgültig sind. Im folgenden will ich versuchen, in kurzen Umrissen ein Bild von unseren gegenwärtigen Kenntnissen der Bedeutung des Lichtes für die Pflanzen zu geben.

1. Lichtkeimung und Dunkelkeimung.

Daß die Keimung von Samen in gewissen Fällen nur unter ganz bestimmten Lichtverhältnissen stattfinden kann, wurde zuerst 1860 von *Caspary* an Bulliardia aquatica festgestellt, deren Samen nur im Licht zu keimen vermögen. Beobachtungen und Versuche von *Wiesner, Stebler, Nobbe, Cieslar* und *Jönsson* zeitigten an anderen Pflanzen ähnliche Ergebnisse oder bewiesen zum mindesten einen fördernden Einfluß des Lichtes. Systematisch angelegte Versuche lieferten dann in dem ersten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts vor allem *Heinricher* und *Kinzel*, außer ihnen aber noch eine ganze Reihe von anderen Physiologen. Als nach und nach alle Übergänge zwischen unbedingter Notwendigkeit des Lichtes für die Keimung bis zur einfachen Förderung

[1]) Z. phys. Chem. *93*, 86 (1918); Die Naturwissenschaften *6*, 646 (1918).

derselben nachgewiesen waren, wurden die Versuche in der Weise erweitert, daß einerseits die einzelnen Strahlengattungen untersucht und andererseits die Abhängigkeit der Lichtkeimung von anderen Faktoren berücksichtigt wurde. Dabei zeigte sich, daß das Problem der Lichtkeimung mit anderen Keimungsfragen untrennbar verknüpft ist.

Die Wirkung der *Strahlen verschiedener Wellenlänge* ist sehr verschieden: Beispielsweise fand *Baar* bei dem Dunkelkeimer (DK.) Amaranthus (Fuchsschwanz) fast gleichmäßige Hemmung durch alle Strahlen des Lichtspektrums; bei Phacelia (Büschelkraut) tanacetifolia (DK.) wirkte dagegen Rot noch stärker hemmend als Weiß (16 % gegenüber 36 %), Blau nicht ganz so stark fördernd wie Dunkelheit (78 % gegenüber 92 %) (*Heinricher*). Bei Physalis Franchetti (Schlutte) (LK.) lag ein Optimum bei Orange bis Gelb, ein Minimum bei Grün, ein tieferes Optimum bei Blau bis Violett (*Baar*), bei Pinguicula vulgaris (Fettkraut) (LK.) und Drosera spatulata (Sonnentau) (LK.) ergab sich eine ähnliche Verteilung, nur erstreckte sich das Hauptoptimum bis ins Rot (*Kinzel*). Die umgekehrte Verteilung der Optima und Minima wurde von *Kinzel* bei Nigella sativa (Schwarzkümmel) gefunden, deren Keimung durch weißes Licht gehemmt wurde. Ultrarote Strahlen, welche *Baar* verwandte, schädigten den LK. Physalis Franchetti, den DK. Amaranthus caudatus dagegen nicht.

Bei allen diesen Versuchen sind die Angaben der einzelnen Autoren oft sehr verschieden. Das ist darauf zurückzuführen, daß einerseits die Intensität von Bedeutung ist, vor allem aber auch Nebenfaktoren mitwirken. Bezüglich der *Lichtintensität* fand *Baar*, daß bei dem DK. Amaranthus retroflexus stark abgeschwächtes Tageslicht auf „eben ausgeruhte" Samen ebenso stark hemmend wirkte wie normales diffuses Tageslicht, bei älteren Samen konnte jedoch die Keimung nur durch direktes Sonnenlicht unterdrückt werden, starkes diffuses Tageslicht hemmte in bereits viel geringerem Maße, schwaches überhaupt nicht mehr. Bei dem LK. Physalis Franchetti lagen entsprechende Verhältnisse vor. *Lubimenko* hatte dagegen bei Pinus silvestris (Kiefer) u. a. im abgeschwächten Tageslicht ein geringeres Keimprozent gefunden als im vollen Tageslicht und in völliger Dunkelheit. Also die verschiedenartigsten Fälle!

Von den quantitativen Messungen sei erwähnt, daß bei Pinus schon $^1/_3$ Hefnerkerze eine Begünstigung der Keimung zur Folge hatte (*Haack*), während bei Chloris ciliata, einem südamerikanischen Grase, erst 800 bis 900 HK schwachen Einfluß und mehr als 1200 HK volle Wirkung ausübten (*Gaßner*).

Welche *Belichtungszeit* zur Auslösung der Keimung erforderlich ist, wurde verschiedentlich geprüft; die Temperatur ist hierbei, wie auch sonst, von wesentlichem Einfluß. *Ottenwälder* fand für Epilobium hirsutum (Weidenröschen) bei 25 ° und 250 HK etwa 5 Stunden, bei 20 ° und 250 HK über 24 Stunden; für die besonders empfindlichen Samen von Lythrum Salicaria (Blut-Weiderich) genügen nach *Lehmann* jedoch schon

bei 30° und 730 HK $^1/_{10}$ sec. (ca. 50 % Keimungen),
bei 30° und 2 HK 1 sec. (ca. 30 % Keimungen),
bei 20° und 730 HK 15 . 60 sec. (ca. 12 % Keimungen).

Außer der Zusammensetzung der Intensität und der Einwirkungsdauer des Lichtes sind die mannigfachsten Faktoren von Wichtigkeit. Zunächst, wie eben schon nebenbei bemerkt wurde, das *Alter der Samen:* Die Empfindlichkeit von Amaranthus zum Beispiel nimmt allmählich ab; Clematis Vitalba (deutsche Waldrebe) ist zuerst Dunkelkeimer, später Lichtkeimer (*Baar*). Auch die *Herkunft* der Samen ist oft von Bedeutung (*Ottenwälder*), eine Erscheinung, bei der wohl die *Reifungsverhältnisse* die Hauptrolle spielen; nach *Lubimenko* erreichen nämlich manche Samen gerade in der Lichtintensität (oder Dunkelheit) das Maximum ihrer Keimgeschwindigkeit, in welcher sie sich entwickelt haben.

Von den äußeren Faktoren kommt vor allem die *Temperatur* und das Substrat in Betracht. Bei mehreren Amaranthus-Spezies zeigte sich bei 5° bis 10° größte Hemmung der Keimung durch Licht, bei 25° bis 30° wird die Lichtempfindlichkeit aufgehoben, und bei 35° bis 40° werden die Samen obligate Lichtkeimer (*Baar*). Ähnlich ist Physalis Franchetti bei 5° bis 15° DK., bei 15° bis 35° LK. (*Baar*) und Chloris ciliata unter 20° DK., über 30° LK. (*Gaßner*). *Lehmann* kommt durch Versuche an einer Reihe von Licht- und Dunkelkeimern zu dem Ergebnis, daß innerhalb der Temperaturamplitude, welche die Keimung zuläßt, bei den Lichtkeimern die höheren Temperaturen einer Keimung im Dunkeln, bei den Dunkelkeimern die niederen Temperaturen einer Keimung im Lichte günstig sind. — Daß die erforderliche Beleuchtungsdauer von der Temperatur abhängig ist, wurde schon erwähnt; ebenso wird auch das Minimum der Intensität durch die Temperatur stark beeinflußt: bei Epilobium liegt es bei 20° zwischen 3 und 0,5 HK, bei 25 ° dagegen bei nur $^1/_{400}$ HK (*Ottenwälder*).

Die Einwirkung des *Substrates* wurde in der verschiedensten Weise festgestellt. Bei Amaranthus vermag Gartenerde (gegenüber dem allgemein als Vergleichssubstrat verwandten mit aqua destillata durchtränkten Fließpapier) das Keimprozent der Dunkelkulturen zu erhöhen, bei Physalis Franchetti ist der Geltungsbereich des Keimbetteinflusses nur beschränkt durch die Temperaturverhältnisse, bei Begonia semperflorens (Schiefblatt) und Nicotiana tabacum

(Tabak) ist die Keimung dagegen vom Substrat vollkommen unabhängig (*Baar*).

Eine besondere Rolle spielen die *Säuren:* Bei Amaranthus retroflexus kann die für Dunkelkeimung notwendige Ruheperiode durch Behandlung mit verdünnter Säure ersetzt werden (*Baar*); bei Amaranthus atropurpureus (DK.) ist Lichtkeimung auf angesäuertem Substrat möglich (*Kuhn*), und umgekehrt können Epilobium und andere Lichtkeimer im Dunkeln bei konstanter Temperatur mit Hilfe von Säuren zur Keimung gebracht werden (*Ottenwälder*); bei Solanum Lycopersicum (Tomate) (DK.) kann durch Beifügung von Säure (besonders H_2SO_4) ins Substrat die Keimung bei Tageslicht sogar so gehoben werden, daß die Zahl der Keimungen die derer im Dunkeln erreicht (*Kuhn*), während andererseits bei dem DK. Allium Schoenoprasum (Schnittlauch) HCl, H_2SO_4 und HNO_3 keine fördernde Wirkung zeigen (*Kuhn*).

Ebenso verschiedenartig ist die Wirkung von *Salzen.* Während nach *Kuhn* KNO_3 die Keimung im Tageslicht bei Amaranthus atropurpureus nur schwach fördert, bei Allium Schoenoprasum sogar indifferent ist und während eine Reihe von anderen Salzen und verschiedene Laugen bei Epilobium keinen Einfluß ausüben (*Ottenwälder*), erzielte *Gaßner* bei Ranunculus sceleratus (Gifthahnenfuß), Oenothera biennis (Nachtkerze) und Chloris ciliata Keimungsauslösung durch Nitrate in schwacher Konzentration (es genügten Konzentrationen von 0,0001 bis 0,001 mol). Ebenso fand *Becker* Beispiele von fördernder und hemmender Wirkung verschiedener Salzlösungen.

Die Wichtigkeit des *Sauerstoffzutritts* für den Lichteinfluß erkannte *Gaßner* an Versuchen mit Chloris ciliata. Die Lichtwirkung auf die von den Spelzen umgebenen Samen dieses Grases ist sehr deutlich; sind dagegen die Spelzen entfernt, so daß der Sauerstoffzutritt erleichtert ist, so findet im Licht und in der Dunkelheit gleich gute Keimung statt.

Versuche, das Keimprozent durch *Superposition verschiedener in gleicher Richtung wirkender Bedingungen* zu erhöhen, hatten teils positives, teils negatives Ergebnis. *Gaßner* fand folgende beide Fälle:

1. Keimungförderndes Licht und keimungauslösende Stoffe addieren sich in ihren Wirkungen.
2. Die keimungfördernde Wirkung des Lichtes macht bei Keimung auf keimungauslösenden Stoffen einer keimunghemmenden Platz, so daß also beide einander entgegenwirken.

Ebenso wurde *regelmäßiger Wechsel zwischen verschiedenen Versuchsbedingungen* mehrfach Anlaß zu stärkerer Keimung; in gewissen Fällen kann er jedoch auch hemmend wirken. Vorübergehende Verdunkelung wirkt zum Beispiel sehr nachteilig auf nachfolgende Keimung im Lichte (*Heinricher, Gaßner*). *Heinricher* kombinierte nun in solchen anfangs belichteten Dunkelkulturen Trockenstellung und Dunkelheit, und er erreichte dadurch fast das normale Keimprozent im Gegensatz zu nur dunkelgestellten ehemaligen Lichtkulturen. Ähnliche Ergebnisse zeitigten Versuche anderer Autoren (*Munerati* und *Zapparoli, Gümbel*). *Gaßner* wandte Temperaturwechsel auf Samen von Chloris ciliata an; dabei wirkten gewisse Kombinationen besonders günstig.

Schließlich kann auch die *Vorbehandlung* der Samen von Einfluß sein; so wird die Lichtempfindlichkeit bei Amaranthus purpureus durch vorhergehende Quellung vermindert (*Baar*).

Ich habe versucht, eine möglichst kurze Übersicht wenigstens über die wichtigsten der so überaus mannigfachen Erscheinungen der Licht- und Dunkelkeimung zu geben, ich muß aber betonen, daß damit das ungeheuere Material, das durch die zum Teil durch mehr als ein Jahrzehnt fortgesetzten und recht umfassenden Untersuchungen zusammengetragen worden ist, bei weitem nicht erschöpft ist; es sollten hier nur einige besonders eklatante Beispiele angeführt werden, so daß diese Aufzeichnungen zusammen mit den angefügten Literaturhinweisen zur Einführung in das Problem der Licht- und Dunkelkeimung dienen können.

Bei dieser Mannigfaltigkeit der Tatsachen darf es nun nicht wundernehmen, daß die Erklärungsversuche zu den verschiedensten Hypothesen führten:

Pfeffer und *Jost* fassen die Wirkung des Lichtes als Reizwirkung auf, jedoch läßt sich diese Annahme wohl nicht halten, da — wie *Gaßner* (1911, 1915) und *Ottenwälder* (1914) zeigen — das Reizmengengesetz und das Fechnersche Gesetz, welche bei anderen Reizen gefunden wurden, hier nicht gelten und auch einige andere Tatsachen der Hypothese widersprechen. So zum Beispiel wurde latente Lichtwirkung festgestellt, dergestalt, daß das Licht zwar Veränderungen im Samen veranlaßte, ohne aber allein keimungauslösend zu wirken; desgleichen läßt sich das Ergebnis der Versuche mit Trocknung der Samen zwischen Belichtung und Keimauslösung nicht auf eine Reizwirkung zurückführen. Zum mindesten ist also ausschließliche Reizwirkung undenkbar.

Zwei weitere Hypothesen, von *Heinricher* und von *Kinzel,* sind hinfällig geworden, weil sie nur auf spezielle Beispiele zugeschnitten sind und in der Lehmannschen Theorie mehr oder weniger aufgehen:

Heinricher führte die Beeinflussung der Keimung durch das Licht auf photochemische Wirkungen bei der Reaktivierung der Reservestoffe zurück. Er nahm an, daß die Wirksamkeit der fettspaltenden Lipase durch im Dunkeln auftretende Säurebildung begünstigt wird, während das unzerlegte Licht oder die Strahlen der ersten

Hälfte des Spektrums entsäuernd und dadurch die Umsetzung der Fette hemmend eingreifen.

Kinzel nahm an, daß das Sonnenlicht die für den Keimungsanfang sehr oft in Betracht kommenden proteolytischen Enzyme schädigt.

Lehmann geht davon aus, daß proteolytische Enzyme, Aminosäuren, anorganische Säuren, freier Sauerstoff, erhöhte Temperatur und Licht die gleiche Wirkung auf die Samen der Lichtkeimer ausüben: sie beschleunigen oder ermöglichen die Keimung. Die dabei notwendige Beschleunigung der Abbauvorgänge im Samen könne aber nur katalytischer Natur sein; und somit kommt *Lehmann* zu dem Schluß, daß „dem Licht katalytische Funktionen beim Eiweißabbau zuzuschreiben" sind; dabei ist entweder anzunehmen, daß das Licht die Wirkung der Enzyme beschleunigt und erhöht oder daß es in Gegenwart bestimmter Stoffe selbst als Katalysator wirkt. Die schädigende Wirkung des Lichtes bei den Dunkelkeimern sucht *Lehmann* dadurch zu erklären, daß eine Reihe fluoreszierender Stoffe, wie Farbstoffe, Alkaloidsalze u. a., im Licht kräftige biologische Wirkung äußern; in Konzentrationen nun, die im Dunkeln kaum einen Einfluß auf Enzyme ausüben, sollen diese Stoffe bei Sauerstoffzutritt im Licht zerstörend und tötend wirken.

Einen ganz anderen Weg schlägt *Gaßner* ein. Er nimmt an, daß der Beginn der Keimung unabhängig vom Licht bei Licht- und Dunkelkeimern in gleicher Weise stattfindet und daß die Lichtempfindlichkeit bei den Lichtkeimern darin besteht, daß sich in irgendeiner Weise erst während der Keimung und im Zusammenhang mit ihr ein „Hemmungsprinzip" ausbildet, das die Fortsetzung der Keimung in Dunkelheit verhindert. Die Wirksamkeit des Hemmungsprinzips kann nun entweder durch sehr schnellen Keimungsverlauf (optimale Bedingungen der Temperatur oder gute Nachreife) überholt und dadurch ausgeschaltet werden, oder das Entstehen des Hemmungsprinzips wird von vornherein durch Licht bzw. chemische Stoffe aufgehoben. Es würde sich also bei der keimungfördernden Wirkung des Lichtes um die „Hemmung einer Hemmung" handeln. Umgekehrt würde bei den Dunkelkeimern die Ausbildung eines Hemmungsprinzips unter dem Einfluß des Lichtes stattfinden.

Gaßners Annahme eines Hemmungsprinzipes, das man sich z. B. in einfachster Weise etwa als Ausbildung einer Hemmungsschicht in der Samenschale vorstellen kann, stützt sich erstens auf die Tatsache, daß sich in der Samenschale gewisse nachweisbare Veränderungen (wie die auffälligen Verfärbungen der Samenschale) vollziehen, und zweitens darauf, daß Verletzungen der Samenschale — also Unterbrechungen der postulierten Hemmungsschicht — von Einfluß auf die Lichtwirkung sind.

Bei der ungeheueren Mannigfaltigkeit der Erscheinungen kann man sich schwer vorstellen, daß in allen Fällen katalytische Lichtwirkung vorliegt, daß diese katalytische Lichtwirkung das eine Mal eine fördernde, das andere Mal eine hemmende sein soll. Wenn überhaupt eine einheitliche Erklärung für alle Beispiele möglich ist, so dürfte der Theorie des Hemmungsprinzips wohl deshalb der Vorzug gegeben werden können, weil ihr zufolge die Keimung zwar zunächst stets einsetzt, dann aber durch eine vielleicht gar nicht in allen Fällen gleiche, unter dem Einfluß gewisser äußerer Faktoren und des Keimungsvorganges selbst entstandene Ursache gehemmt oder gefördert wird.

Einige wichtige Literatur über Licht- und Dunkelkeimung:

Baar, Sitz.-Ber. k. Ak. Wiss. Wien, mn. Kl. *121*, I (1912).
Becker, Beih. Bot. Zbl. 1912.
Gaßner, Jhb. Hambg. Wiss. Anst. 1911; Ber. D. Bot. Ges. 1910, 1911, 1915; Jahrb. f. wiss. Bot. 1915; Zschr. f. Bot. 1915.
Gümbel, Landw. Jahrb. 1913.
Haack, Zschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1912.
Heinricher, Bot. Ztg. 1909.
Kinzel, Ber. D. Bot. Ges. 1907—1909, 1917; Frost und Licht als beeinflussende Kräfte bei der Samenkeimung 1913.
Kuhn, Ber. D. Bot. Ges. 1915, 1916.
Lehmann, Jhber. d. Ver. f. angew. Bot. VIII; Zschr. f. Bot. 1912, 1913, 1915, 1919.
Lehmann und *Ottenwälder*, Zschr. f. Bot. 1913.
Lubimenko, Rev. gén. bot. 1911.
Munerati und *Zapparoli*, Malpighia 1912.
Ottenwälder, Zschr. f. Bot. 1914.

2. Licht und Wachstum.

Der Physiologe *Sachs*, welcher als erster exakte Versuche über das Wachstum der Pflanzen anstellte (1872), fand in diesen Erscheinungen verschiedene Periodizitäten, die „große Periode", die jährlichen und die täglichen Perioden des Wachstums. Als „große Periode" oder „große Kurve" des Wachstums bezeichnet er „die anfängliche Zunahme, die Erreichung eines Maximums und endliche Abnahme der Wachstumsgeschwindigkeit eines Pflanzenteils, unabhängig von äußeren Einflüssen" (Arb. Würzb. Inst. *I.* 102). Diese große Periode würde hiernach für uns wegen ihrer Unabhängigkeit vom Licht nicht in Betracht kommen, wohl aber die jährliche und besonders die tägliche; denn seit *Sachs* besteht die Ansicht, daß das Licht einen hemmenden Einfluß auf das Wachstum ausübt, der Lichtwechsel also — freilich zusammen mit dem Wechsel anderer Faktoren, insbesondere der Temperatur — einen Anlaß zu der täglichen wie auch in beschränktem Maße zu der jährlichen Periode gibt.

In den letzten Jahren sind die Untersuchungen in dieser Richtung von verschiedenen Autoren wieder aufgenommen worden. Während die von *Sachs* und seinen Schülern angestellten Messungen sich auf die Streckungszone der wachsenden Organe bezogen, ist neuerdings von *Karsten* (1915) auch die Zone der Organanlage,

also des embryonalen Wachstums in den Kreis der Betrachtungen einbegriffen; und die Ergebnisse *Karstens* bestätigten die hemmende Wirkung des Lichtes. Andererseits erfuhr die Sachssche Annahme durch die Arbeiten von *Blaauw*, *Sierp* und *Vogt*, welche wieder das Streckungswachstum verfolgten, gewisse Einschränkungen.

Karsten prüfte Vegetationspunkte auf den Umfang des embryonalen Wachstums, indem er die Zahl der vorkommenden einzelnen Kernteilungsstadien zu verschiedenen Tageszeiten feststellte. In Wurzelvegetationspunkten von Vicia faba (Saubohne) und Zea Mais (Mais) ist das embryonale Wachstum bei gleichbleibenden Außenbedingungen den ganzen Tag über gleichmäßig. Anders in den Sproßvegetationspunkten. An Sprossen von Pisum sativum (Erbse) und Zea Mais, die im Thermostaten dunkel gehalten werden, zeigt sich die tägliche Periode, also unabhängig vom direkten Lichteinfluß. Darin scheint nun ein Widerspruch gegen die Annahme von der Wachstumshemmung durch das Licht zu liegen. *Karsten* suchte die Erklärung für diese Verschiedenheit der im Dunkeln gehaltenen Wurzeln und Sprosse in vererbten Eigenschaften, und er fand in der Tat seine Vermutung bestätigt durch Versuche (Zea Mais) mit ständiger Belichtung und solche mit Nachtbelichtung und Tagverdunkelung. Im ersten Falle wird die Periode ganz wesentlich abgeschwächt, im zweiten Falle verschärft sie sich und wird verdoppelt, d. h. sie enthält zwei Maxima, eins um 6 Uhr nachm. bei den Individuen, welche während der Belichtung stark gehemmt werden, das andere zu normaler Zeit (4 Uhr vorm.) bei den Individuen, welche dem gewohnten Gang der Wachstumsperiode strenger unterworfen sind. — Der scheinbare Widerspruch gegen die alte Anschauung klärt sich also in der Weise auf, daß die hemmende Wirkung des Lichtes zwar vorhanden ist, aber im allgemeinen nicht ausreicht, den ererbten Gang der Wachstumsperioden vollständig umzustoßen.

Des weiteren wurden die Untersuchungen des Streckungswachstums wieder aufgenommen und dabei gewisse Abweichungen von der Sachsschen Regel festgestellt. Die in Betracht kommenden Veröffentlichungen von *Blaauw*, *Sierp* und *Vogt* geben zusammen ein gutes Bild von den vorliegenden Verhältnissen[1]).

Die wichtigsten Ergebnisse seien hier kurz zusammengestellt und durch einige graphische Darstellungen, wie sie *Sierp* gibt, erläutert:

Vorweg sei bemerkt, daß die Wirkung des Lichtes sich aus zwei Komponenten, einer fördernden und einer hemmenden, zusammensetzt. *Sierp* bezeichnet die fördernde, die „Lichtwachstumsreaktion", als die primäre, die hemmende als die sekundäre. Die erste überwiegt nur während einer kurzen Zeit nach dem Beginn der Belichtung bzw. der Erhöhung der Intensität; die zweite beherrscht daraufhin das Wachstum dauernd allein. Demgemäß wurden die folgenden Erscheinungen beobachtet:

1. Die große Periode zeigt ein um so rascheres Ansteigen des Wachstums, je größer die Lichtintensität ist; gleichzeitig liegt aber auch das Maximum um so niedriger und der Abfall der Kurve tritt um so früher ein, so daß das Endergebnis des ganzen Wachstums, das Integral der Wachstumskurve, im umgekehrten Verhältnisse zur Lichtintensität steht.

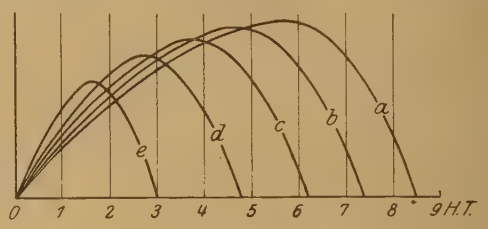


Fig. 1.

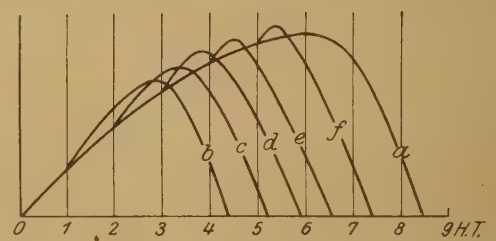


Fig. 2.

Diese Verhältnisse seien durch Fig. 1 quantitativ genauer illustriert. Auf der Abszisse ist die Zeit in Halbtagen abgetragen, die Ordinaten geben die Wachstumsgeschwindigkeiten. Kurve *a* gilt für Dunkelheit, *b* für die schwächste, *c* für die nächst stärkere Intensität usw. In Kurve *e* überwiegt z. B. die primäre Komponente bis in den zweiten Halbtag hinein, die sekundäre vom Beginn des dritten Halbtages.

2. Bei plötzlicher Erhöhung der Lichtintensität dauert die fördernde Wirkung durch das Licht um so kürzere Zeit und die hemmende Wirkung setzt um so früher ein, je später die Lichtintensitätsänderung vorgenommen wird (Fig. 2); ferner ist die anfängliche Steigerung des Wachstums um so kräftiger und der Abfall der Kurve tritt um so eher ein, je stärker die Erhöhung der Lichtintensität ist (Fig. 3).

Ähnliches beobachtete *Blaauw* an einem Pilze (Phycomyces), und zwar steigt die Wachstumsgeschwindigkeit bei der Lichtwachstumsreaktion von Phycomyces nach seinen Messun-

[1]) In der Hauptsache beschäftigen sie sich mit der Koleoptile von Avena sativa (Hafer), *Blaauw* mit den Keimpflanzen von Helianthus globosus (Sonnenblume). Die Koleoptile ist das erste Blatt der Gramineenkeimlinge, sie umgibt die übrigen Blätter als geschlossenes Rohr und durchbricht mit harter Spitze den Boden, darauf öffnet sie sich und läßt die ersten Laubblätter hervortreten.

gen proportional mit der Kubikwurzel aus der zugeführten Energiemenge.

3. Umgekehrt liegen die Verhältnisse bei plötzlicher Verdunkelung: Auf eine anfängliche Hemmung des Wachstums, die um so größer ist, je später die Verdunkelung stattfindet, folgt Förderung, und zwar ist diese um so größer, je eher die Verdunkelung eintritt (Fig. 4). Andererseits ist die anfängliche Hemmung und die darauf folgende Beschleunigung um so größer, je stärker die Lichtabnahme ist (Fig. 5).

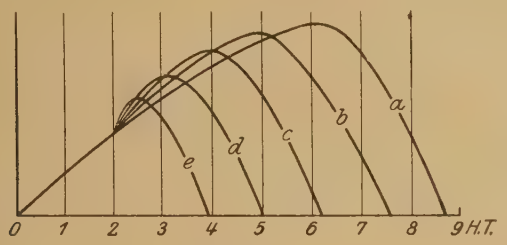


Fig. 3.

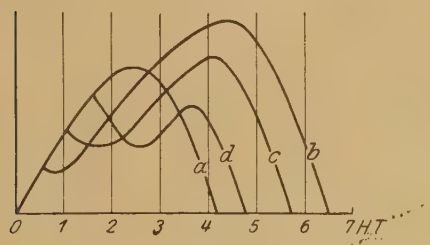


Fig. 4.

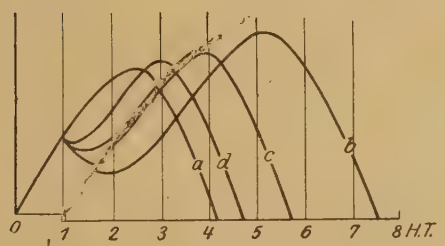


Fig. 5.
a gilt für konstante Belichtung, *b* für Dunkelheit von Beginn des 2. Halbtages ab, *c* und *d* für mehr oder weniger große Abschwächung des Lichtes.

4. Schließlich sei noch erwähnt, daß bei periodischem Wechsel von Licht und Dunkelheit die Einstellung der Zuwachsbewegung auf die regelmäßige Änderung der Lichtverhältnisse nur erfolgt, wenn die Periode mindestens 30 Minuten beträgt.

Bei diesen und den folgenden Erscheinungen wie auch bei den auf Wachstum beruhenden Bewegungen gilt übrigens das *Reizmengengesetz*, d. h. das Endergebnis ist lediglich von der Reizmenge, dem Produkt aus Intensität und Dauer abhängig (*Vogt*).

Im Gegensatz zu der Koleoptile ist das erste Laubblatt von Avena sativa gegen Lichtreize recht unempfindlich; durch Licht von nicht zu hoher Intensität wird sein Wachstum nicht beeinflußt, auch wenn die Koleoptile künstlich entfernt wird (*Vogt*).

Hierbei scheint es sich jedoch nur um einen Ausnahmefall zu handeln. *Schanz* konnte nämlich an einer ganzen Reihe von Pflanzen (Gurken, Petunien, Fuchsien, Chrysanthemen, Lobelien, Begonien, Kartoffeln, Salat, Brennnesseln, Bohnen, Eichen u. a.) feststellen, daß das Wachstum nicht nur in den ersten Stadien, sondern auch später von der Beleuchtung, insbesondere von der Zusammensetzung des Lichtes wesentlich beeinflußt wird. Er wandte Kulturkästen mit gewöhnlichem Glas, dünnem und dickem Euphosglas sowie Kombinationen von farbigem Glase mit Euphosglas, durch die nur eine Strahlenart (Rot, Gelb, Grün, Blauviolett) hindurchging, an. Die Unterschiede wurden dabei sehr auffällig; durch gute photographische Aufnahmen, welche die Größe gleichalter Pflanzen derselben Spezies nebeneinander zeigen und somit direkt die mathematische Kurve der Abhängigkeit des Wachstums von den Strahlengattungen geben, sind die für den Wissenschaftler wie für den Praktiker gleich interessanten Ergebnisse illustriert. Eine solche Abbildung zeigt z. B. Gurken, welche frei, unter Glas, dünnem, dickem Euphosglas, Rot, Gelb, Grün, Blauviolett gezogen worden sind. Die Höhen liegen auf einer Kurve, die einer ballistischen Kurve ähnelt: „frei“ unmittelbar am Anfangspunkt, „Rot“ und „Gelb“ im Maximum, „Blauviolett“ nahe dem Ende.

Im Anschluß hieran sei noch eine Angabe von *Blochwitz* erwähnt, der durch starke Lichtreize aus Aspergillus clavatus (Gießkannenschimmel) eine neue Art, welche dem Aspergillus giganteus ähnlich ist, gewonnen zu haben glaubt. Daß es sich dabei wirklich um eine konstant gewordene neue Art handelt, ist jedoch zum mindesten sehr zweifelhaft. Die Wahrscheinlichkeit, daß nur eine Ernährungsmodifikation vorliegt, ist m. E. viel größer. Immerhin aber hat hier eine starke Beeinflussung durch das Licht stattgefunden.

Literatur:

Blaauw, Zschr. f. Bot. 1914, 1915.
Blochwitz, Ber. D. Bot. Ges. 1914.
Karsten, Zschr. f. Bot. 1915.
Schanz, Ber. D. Bot. Ges. 1918, 1919.
Sierp, Ber. D. Bot. Ges. 1917, 1919; Zschr. f. Bot. 1918.
Vogt, Zschr. f. Bot. 1915.

3. *Licht und Assimilation.*

Die Notwendigkeit des Lichtes für die Assimilation, insbesondere die Kohlensäure-Assimilation und die Stärkebildung ist bereits am Ende des 18. Jahrhunderts durch *Ingenhouß* erkannt; auch die ungleiche Wirkung der einzelnen Strahlengattungen wurde schon vor langem festgestellt; jedoch erlaubte die am meisten angewandte Methode der Filtration des

Lichtes und nachfolgender Jodprobe sowie die Methode des Sauerstoffblasenzählens an Wasserpflanzen unter Anwendung von filtriertem Licht keine exakten Vergleiche der Strahlengattungen, da Ungleichheiten in der Anordnung der Versuche und individuelle Unterschiede der Versuchspflanzen nicht zu vermeiden waren. Vorteilhafter ging *Timiriazeff* (1890) vor; er entwarf mit einem geradsichtigen Prisma ein Spektrum auf einem Blatt, schaltete damit also die vorgenannten Mängel aus. Noch günstiger war schließlich die Anordnung *Ursprungs* (1917, 1918), der an Stelle des stark absorbierenden geradsichtigen Prismas ein gewöhnliches Prisma oder ein Beugungsgitter benutzte. Diese Hilfsmittel gestatteten weit gründlichere und umfangreichere Versuche, so daß wir *Ursprung* ein in vielen Punkten neues Bild von der Wirksamkeit der einzelnen Strahlengattungen verdanken.

Nach früheren Untersuchungen beginnt die Stärkebildung bei der Frauenhoferschen *B*-Linie und erstreckt sich nur wenig über die *D*-Linie hinaus, also von etwa 690—580 μμ Wellenlänge; Sauerstoffausscheidung wurde jedoch in weiterem Bereiche beobachtet, bei 750—700 μμ und im kurzwelligen Lichte von 450—400 μμ. Demgegenüber fand *Ursprung*, der mit Sonnenlicht, Bogenlampe, Osramlampe und Quecksilberbogenlampe operierte, Stärkebildung von der Grenze des sichtbaren Lichtes gegen die Wärmestrahlen (760 μμ) bis ins ultraviolette Licht hinein (bis 330 μμ), später auch im Ultrarot.

Innerhalb dieses Bereiches wurden im Bogenlampenlicht zwei (oder drei) Maxima festgestellt. Das Hauptmaximum liegt bei *BC* (ca. 690 bis 620 μμ), die Nebenmaxima, von denen übrigens das erste häufig fehlt, fallen zusammen mit den Cyanbanden zwischen *G* und *h* (etwa 422—416 μμ) und im Ultravioletten (388—386 μμ).

Zu seinen Versuchen mit ultraroten Strahlen verwandte *Ursprung* konzentrierte Lösung von Jod in CS_2 in 9 cm dicker Schicht und eine 1,1 mm dicke Ebonitplatte, zwei Filter, welche angeblich für sichtbare Strahlen ganz undurchlässig sind. Nach langer (40-stündiger) Exposition erhielt er mehrfach deutliche Stärkebildung hinter den Filtern, während die übrigen Blattpartien stärkefrei geblieben waren.

Die Stärkebildung im Blatt verläuft übrigens bei längerer Belichtung nicht gleichmäßig, sondern es zeigt sich dabei eine Erscheinung, die dem Solarisationsphänomen in der Photographie entspricht. Die Stärkebildung nimmt anfangs zu, die Jodreaktion ergibt schließlich in einem Maximum, das in *Ursprungs* Versuchen mit Phaseolus (Bohne) nach fünfstündiger Exposition bereits überschritten war, starke Schwärzung, und bei weiterer Belichtung nimmt die Stärkemenge und die damit zusammenhängende Reaktionsfärbung wieder ab. Für die verschiedenen Lichtwellenlängen ist die Solarisation verschieden, z. B. im Bereich *BC*, wo die Schwärzung begonnen hat, geht sie auch zuerst wieder zurück; also auch in dieser Beziehung liegt Übereinstimmung mit der Solarisation in der Photographie vor. Nach dem Beginn der Schwärzung bei *BC* dehnt sich im Prismen- und Gitterspektrum die Stärkebildung bei anhaltender Exposition aus, und zwar schwach gegen die langen, stark gegen die kurzen Wellen. Eine Erklärung findet die Abnahme und das schließliche Verschwinden nachweisbarer Stärkebildung in einer Inaktivierung der Chloroplasten unter langwährendem Einfluß des Lichtes. Beachten wir diese Verhältnisse, so ist übrigens leicht der Fall denkbar, daß im direkten weißen Sonnenlichte durch die Tätigkeit der *BC*-Strahlen Solarisation eintritt, bevor das Ultraviolett zu bedeutender Wirkung gelangt.

Die Assimilation verschiedenfarbiger *Algen* wurde schon einige Jahre früher (1912) von *Richter* untersucht. An Exaktheit stehen diese Experimente hinter denen *Ursprungs* freilich zurück. *Richter* kommt zu dem Ergebnis, daß die Rot- und Braunfärbung der Algen keine Bedeutung für die Assimilation hat und somit auch nicht die Ursache der Tiefenverbreitung der Algen ist, sondern daß vielmehr die Tiefenformen als Schattenpflanzen anzusehen sind, die im schwachen Lichte verhältnismäßig stärker assimilieren als die Oberflächenformen, die an intensiveres Licht angepaßt sind.

Bezüglich der *Energieverhältnisse* steht fest, daß von der absorbierten Energiemenge nur ein sehr kleiner Bruchteil zur photochemischen Arbeitsleistung dient. Jedoch scheint die Pflanze so eingerichtet zu sein, daß sie die gewöhnliche Beleuchtung den ganzen Tag ausnutzen und damit genügend Assimilate bilden kann, und daß andererseits ausnahmsweise starkes Licht kein nennenswertes Plus erzeugt, aber auch nicht schädlich wirkt. Überdies ist das Blatt so eingerichtet, daß der Teil des Ultravioletts, der in der Natur zur Verfügung steht, zur Assimilation nützlich sein kann, während der infolge der Absorption durch die Erdatmosphäre ferngehaltene Rest schädlich oder gar tödlich wirken würde. Die Farbe der Laubblätter ist gerade so gewählt, daß die Wirkung der verschiedenen Lichtstrahlen im diffusen Tageslicht gleichmäßiger ist als im direkten Sonnenlicht (*Ursprung*).

Bemerkenswert ist noch, daß nach *Puriewitsch* das assimilierende Blatt mehr von dem einfallenden Sonnenlicht absorbiert als das nicht assimilierende.

In ganz anderer Richtung bewegen sich die Untersuchungen *Arthur Meyers* (1917—1920) über die Bedeutung des Lichtes für die Ernährungsphysiologie. Während von den vorgenannten Autoren lediglich die Wirksamkeit der verschiedenen Lichtarten und Lichtintensitäten auf die Kohlensäureassimilation und speziell die Stärkebildung betrachtet wurde, geht *Arthur*

Meyer der Frage nach, welche im pflanzlichen Stoffwechsel auftretenden Substanzen ihr Entstehen dem Einfluß des Lichtes verdanken.

An erster Stelle steht neben der Stärke ein von *A. Meyer* als Nebenprodukt der Kohlensäureassimilation erkanntes Sekret, das in Form von Tröpfchen („Öltröpfchen" älterer Autoren) abgelagert wird und dem er den Namen *„Assimilationssekret"* gegeben hat. Die chemische Zusammensetzung des Assimilationssekretes ist noch nicht geklärt, jedoch steht fest, daß der α, β-Hexylenaldehyd einen wesentlichen Bestandteil desselben bildet.

Wenn auch nicht direkt abhängig, so doch aber begünstigt vom Licht sind ferner die drei parallel verlaufenden Vorgänge der Eiweißbildung, der Entsäuerung und der Entstehung von Calciumoxalatkristallen. Da jedoch die hierher gehörigen Untersuchungen mehr Wert auf die Beziehungen zwischen den einzelnen Vorgängen legen als auf ihre Abhängigkeit vom Licht, so mag dieser Hinweis genügen.

Literatur:
Meyer, Arthur, Ber. D. Bot. Ges. 1917, 1918; Analyse der Zelle, Jena 1920.
Puriewitsch, Pringsh. Jahrb. f. w. Bot. 1914.
Richter, Ber. D. Bot. Ges. 1912.
Ursprung, Ber. D. Bot. Ges. 1917, 1918.

4. Tödliche Wirkung ultravioletter Strahlen.

Die schädigende oder gar tötende Wirkung ultravioletter Strahlen auf die Chloroplasten wurde schon gelegentlich von *Ursprung* bei seinen Arbeiten über Stärkebildung im Spektrum beobachtet. Genauere Untersuchungen über die Schädlichkeit ultravioletter Strahlen hat *Ursprung* zusammen mit *Blum* angestellt. Sie bedienten sich dabei eines Verfahrens, das bisher noch nicht angewandt worden war, nämlich der Plasmolyse mit Rohrzucker und nachfolgender Deplasmolyse mit Wasser; je nach dem Grade der Schädigung ist die Zahl der Zellen, in denen noch Deplasmolyse eintritt, größer oder geringer.

Von den untersuchten *Algen* sind die Diatomeen am empfindlichsten, die sehr dickwandige Cladophora wird dagegen besonders wenig angegriffen; ebenso gibt es unter den *chlorophyllfreien Thallophyten* solche mit geringer und solche mit stärkerer Widerstandsfähigkeit. Bei den *höheren Pflanzen* zeigen die einzelnen Zellschichten sehr verschiedenes Verhalten, besonders stark fallen in dieser Beziehung die Epidermiszellen von der Unter- und Oberseite gleicher Blätter auf. Im allgemeinen gilt, daß junge Zellen empfindlicher sind als alte.

Zur Erklärung dieser Verhältnisse in all den mannigfaltigen Fällen reichen die Versuche, welche sich auf die Schutzwirkung von Membranen und Gewebsschichten oder auf morphologische und anatomische Besonderheiten stützen, nicht aus, sondern man ist zur Annahme einer verschiedenen Widerstandsfähigkeit des Plasmas gezwungen.

Oker-Blom, welcher die Wirkungsart ultravioletter Strahlen auf *Bakterien* geprüft hat, fand hier — im Gegensatz zu früheren Autoren, welche die keimvernichtende Wirkung der genannten Strahlen in der Erzeugung von Ozon oder Wasserstoffsuperoxyd oder in einer sekundären Oxydation des Plasmas begründet sahen —, daß es sich um eine direkte Wirkung der kurzwelligen Strahlen handelt, die vielleicht noch durch chemische Produkte der ultravioletten Strahlen unterstützt wird, eine Tatsache, welche mit dem Ursprungschen Postulat von der verschiedenen Widerstandsfähigkeit des Plasmas in Einklang gebracht werden kann.

Literatur:
Oker-Blom, Zschr. f. Hygiene 74.
Ursprung, Ber. D. Bot. Ges. 1917.

5. Licht und Bewegungen.

Die Untersuchungen über Lichtreizbewegungen der Pflanzen sind in den letzten Jahren, obwohl dieses Gebiet der Physiologie zu den am meisten durchgearbeiteten gehört, in umfangreichem Maße nach allen Richtungen hin weitergeführt worden. Neben den Arbeiten über Phototaxis, d. h. über die Bewegungen freier Mikroorganismen im Licht, sind solche über Phototropismus, die durch Lichtreize hervorgerufenen Bewegungen der Organe festsitzender Pflanzen, in großer Menge erschienen.

Wir wollen uns zuerst der Phototaxis zuwenden. Wie bei anderen Taxien haben wir hier mit *Pfeffer* zwischen einer Phobotaxis und Topotaxis zu unterscheiden. Bei der *Phobotaxis* vermögen die Organismen nur bestimmte Reaktionen auf plötzliche Änderungen der Helligkeit auszuführen; die Ansammlung in einem Bereiche einer bestimmten Lichtintensität kommt also nur dadurch zustande, daß die *zufällig* in den betreffenden Bereich gelangten Individuen infolge gewisser Reize am Austritt aus dieser Region verhindert werden. Die *Topotaxis* besteht darin, daß sich die Organismen genau in die Richtung der Lichtstrahlen einstellen und je nach der Beleuchtungsstärke zur Lichtquelle hin oder von ihr fort schwimmen.

Das größere Interesse erwecken naturgemäß die *topotaktischen Reaktionen. Buder*, dem wir die umfangreichsten einschlägigen Untersuchungen letzter Zeit verdanken, verwandte beispielsweise Euglena und andere einzellige Algen sowie Schwärmer von Fadenalgen als Material. Werden solche Organismen von einem Strahlenbüschel getroffen, so stellen sie sich — in konvergenten und divergenten wie in parallelen Büscheln — genau in die Richtung *der* Strahlen ein, die ihren Körper treffen oder sie versuchen wenigstens eine derartige Lage einzunehmen. Unter der Einwirkung zweier Lichtbüschel dagegen stellen sich die Organismen genau in diejenige Richtung ein, welche die Resultante im Kräfteparallelogramm einnimmt. Diese Regel

gilt für Büschel, die sich senkrecht oder auch schief kreuzen. Die Messungen *Buders* stimmen stets sehr gut mit den berechneten Werten überein. — Bei zwei genau entgegengesetzten Lichtbüscheln überwiegt natürlich das stärkere, ebenso bei Lichtbüscheln, welche sich unter sehr stumpfen Winkeln schneiden. Wie die Reaktion auf zwei gleichstarke entgegengesetzte Büschel ausfällt, ist noch nicht bekannt.

Dagegen ist die theoretische Schlußfolgerung, daß das oben gegebene *„Resultantengesetz"* auch bei Anwendung mehrerer Lichtbüschel gelten muß, von *Buder* durch gelegentliche Versuche schon einigermaßen bestätigt. Man kann demnach allgemein mit den Lichtstärken wie mit mechanischen Kräften rechnen.

Exakte Beweise für die allgemeine Gültigkeit des Resultantengesetzes stehen noch aus; ebenso ist noch zu prüfen, ob das Gesetz, das bisher nur unter Anwendung horizontaler Strahlen bestätigt wurde, auch für vertikale und schräge Lichtbüschel gilt. Sodann ließe sich vermuten, daß die Reaktionsintensität, die bei den einzelligen Algen nicht durch die Geschwindigkeit, sondern durch die Steuertätigkeit der Geißeln bestimmt werden müßte, der Diagonale im Kräfteparallelogramm proportional ist.

Mit der *Phobotaxis* der gleichen und ähnlicher Organismen hat sich vornehmlich *Oltmanns* (1917) beschäftigt. Bei Euglena z. B. konnte er verschiedene Arten phobotaktischer Reaktionen feststellen. Erstens sammeln sich die Euglenen in einem Raume mit bestimmter Lichtintensität an, der sogenannten „Lichtfalle", zweitens aber reagieren sie in ganz eigenartiger Weise auf bestimmte Lichtschwankungen, bei Verdunkelung geraten sie in taumelnde Bewegung, bei plötzlicher Verstärkung des Lichtes hört die Tätigkeit der Geißeln auf und die Euglenen stellen sich passiv mit dem Hinterende abwärts in vertikale Richtung, eine Erscheinung, die wohl auf eine Hemmung der Geißelbewegung zurückzuführen ist.

Betreffs der Wirksamkeit der verschiedenen *Strahlengattungen* hatte *Engelmann* schon in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts angegeben, daß in einer Zone $D^{5}/_{6}\,E$ bis $b^{5}/_{6}\,F$ geringe, von $b^{5}/_{6}\,F$ bis $F^{4}/_{7}\,G$ maximale Ansammlung stattfände, von dort bis G wieder nur wenig, daß also Rot und Gelb unwirksam sind. *Oltmanns* bestätigte diese Daten, jedoch mit Einschränkungen. Es ist nämlich die Lichtintensität (Abblendung und Spaltbreite im Versuch) von Einfluß, derart, daß die Maxima und Minima zwischen Gelb und Violett stark verschoben werden können. — Auf Oscillarien wirken auch rote Strahlen phototaktisch (*Pieper*).

Ähnliche Ergebnisse wie *Oltmanns* Lichtfallenversuche hatten schon *Buders* Experimente mit Thiospirillum jenense gezeitigt. Auffällig war dabei, daß diese Bakterien mit gleichmäßiger Ruhe zwischen den Rändern der Lichtfalle hin- und herpendelten, so daß hier die Umkehr an der Lichtgrenze nicht als „Schreckbewegung", wie es zuerst *Jennings* getan hatte, aufgefaßt werden kann. Die Reaktion tritt bei Individuen, welche mit der Geißel voran schwimmen, ein, sobald ein geringer Teil des Körpers aus dem Lichtbereich heraus ist, während umgekehrt schwimmende Individuen erst mit fast dem ganzen Körper in die Dunkelheit gelangt sein müssen. Demnach ist die Lichtempfindlichkeit der Thiospirillen auf den geißeltragenden Teil des Körpers beschränkt.

Bei den Untersuchungen über den *Phototropismus* oder *Heliotropismus* steht in den letzten Jahren die Frage im Vordergrund: „Ist der Lichtabfall oder die Lichtrichtung die Ursache der heliotropischen Reizung?" *De Candolle* hatte die Theorie der Intensitätsunterschiede aufgestellt und fand in diesem Standpunkt bis in die heutige Zeit Anhänger (*Darwin, Oltmanns, Blaauw, Paal, Nienburg, v. Guttenberg*). Demgegenüber hatte *Sachs* die Lichtrichtungstheorie vertreten, die neuerdings von *Fitting, Heilbronn* und *Lundegardh* durch Versuche gestützt wurde. Die Entscheidung für die eine oder die andere Annahme läßt sich zurzeit noch nicht fällen, da alle bisherigen Versuche in gewisser Weise Mängel oder Lücken zeigen. Es mag daher hier genügen, die hauptsächlichsten Beweismittel von beiden Parteien einander gegenüberzustellen.

Bei den Versuchen, welche die De Candollesche Theorie stützen sollen, ist zunächst nicht beachtet worden, daß ein außerhalb des Objektes paralleles Lichtbündel innerhalb des beleuchteten Organes infolge der mannigfachen Lichtbrechung in ein konvergentes verwandelt wird.

Blaauw geht daher in ganz anderer Weise vor als seine Vorgänger: er weist zunächst nach, daß allseitige Belichtung eine sehr charakteristische Änderung der Wachstumsgeschwindigkeit zur Folge hat; des weiteren stellt er dann auch bei einseitiger, phototropisch wirksamer Beleuchtung eine ähnliche Reaktion fest; und daraus zieht er den Schluß, daß die tropistische Krümmung ein einfaches Ergebnis der auf den entgegengesetzten Seiten verschiedenen Lichtwachstumsreaktionen sei. Er übersieht dabei aber, daß ebensogut auch die Lichtwachstumsreaktion bei allseitiger Belichtung die Resultante zahlreicher phototropistischer Reaktionen sein könnte.

Den gleichen Standpunkt vertritt auch *Paal*; er nimmt gleichfalls verschiedene Reaktionen auf der Licht- und auf der Schattenseite an und außerdem deren geradlinige Fortpflanzung basalwärts.

Weiterhin tritt *Nienburg* als Verfechter der Lichtabfallstheorie auf. Er sucht einige Mängel früherer Anordnungen zu überwinden, indem er in der Dunkelkammer arbeitet (Vermeidung von diffusem Licht) und anstelle einseitiger Tuschebemalung (*Darwin*) Halbbeschattung durch eine Blende anwendet (Verhütung von Berührungsreizen und Unterbrechung der Tuscheschicht beim

Wachstum), Einrichtungen, welche in anderen neueren Arbeiten nicht voll beachtet worden sind.

Schließlich stellt sich *v. Guttenberg* auf Grund eingehender Untersuchungen, welche einstweilen nur in vorläufiger Mitteilung vorliegen, mit großer Entschiedenheit auf die Seite der Lichtintensitätstheorie. Seine Beweise mögen aber hier übergangen bleiben, da die vollständige Arbeit noch nicht erschienen ist.

Wenn auch diese Versuche mit mehr und mehr zunehmender Sorgfalt angestellt wurden, so ist es aber doch noch keineswegs gelungen, das ersehnte Ziel, den Beweis der Lichtabfallstheorie, damit zu erreichen.

Für die Lichtrichtungstheorie trat auf Grund eigener Experimente zuerst *Fitting* ein. Die Benutzung von Tageslicht, dessen Intensität schwankend ist, ist in diesen Versuchen leider ein Mangel.

Wichtiger sind daher für uns die von *Heilbronn* mit konstanten künstlichen Lichtquellen angestellten Untersuchungen, bei denen Koleoptilen von *Avena* in den verschiedensten Versuchsanordnungen (verschiedene Belichtung und verschiedene Lichtabsorption infolge teilweiser Schwärzung der Koleoptilen) beobachtet wurden. *Heilbronn* gelangt dabei zu dem Schluß: „Bei gleichem Lichtgenuß der Oberflächen antagonistischer Seiten wird *die* Richtung als Angriffsrichtung des Lichtreizes perzipiert, in der *die meisten Lichtstrahlen* das lichtempfindliche Gewebe durchsetzen. Da im Innern des Pflanzenkörpers die Richtung der Lichtstrahlen naturgemäß stark verändert wird, scheinen mir Epidermiszellen und Epidermalgebilde (Lichtsinnesorgane *Haberlandts*?) zur Wahrnehmung des heliotropischen Reizes prädestiniert, doch sind auch andere Zellen, sobald sie zu „Oberflächenzellen“ werden (man denke an *Fittings* halbierte Koleoptilen, *Nordhausens* abgeschliffene Blätter), zur Helioperzeption befähigt. Nicht Unterschiede im Lichtgenuß antagonistischer Flanken, sondern die Menge gleichgerichteter Strahlen in der Zelle scheint mir den Ausschlag zu geben. Die Frage „Lichtabfall oder Lichtrichtung als Ursache der heliotropischen Reizung?“ (*Pfeffer*) möchte ich somit im letzteren, also im Sachsschen Sinne beantworten.“

Diese Versuche wurden von verschiedenen Seiten angegriffen, doch konnte die Möglichkeit der Richtigkeit der Lichtrichtungstheorie dabei nicht widerlegt werden. Erst ganz kürzlich stellt sich *Lundegardh* wieder auf die Seite *Fittings* und *Heilbronns*. Seine Methode ist in der bisher erschienenen vorläufigen Mitteilung noch nicht ausführlich beschrieben; und so läßt sich über die Beweiskraft seiner Ergebnisse einstweilen kein Urteil fällen. Es sei daher auch nur erwähnt, daß *Lundegardh* selbst in seinen Versuchen eine „erhebliche Stütze“ für die Sachs-Fittingsche Theorie zu finden glaubt. Sie seien zwar nur mit wenig Material ausgeführt, aber eindeutig ausgefallen.

Diese Gegenüberstellung mag genügen, uns ein Bild von dem heutigen Stande unserer Anschauungen über die phototropischen Bewegungen zu geben. Wir können uns wohl ganz dem Urteile *Lundegardhs* anschließen, daß die Frage noch einer gründlichen, methodisch einwandfreien Erforschung bedürftig ist.

Wie bei anderen lichtphysiologischen Erscheinungen sind auch bei den phototropischen Bewegungen *Nebenfaktoren* von Einfluß auf die Lichtreaktion. *M. S. de Vries* fand in Versuchen, die mit Avenakeimlingen bei 0° bis 40° angestellt wurden, daß bei gleichen Lichtverhältnissen das *Temperaturoptimum* bei 30° liegt. Die Dauer einer Vorerwärmung ist zwischen 0° und 25° belanglos, von 27,5° bis 30° wird dagegen der Reizprozeß durch eine längere Vorerwärmung gefördert, erst bei 32,5° wirkt sie ungünstig, d. h. es ist eine größere Lichtmenge nötig, um die gewünschte Krümmung hervorzurufen.

Ebenso kann durch *Narkotika* eine Steigerung der heliotropischen Empfindlichkeit von Keimlingen erzielt werden. *Richter* bestimmte als minimale Lichtmengen etwa 60 Meterkerzensekunden in reiner Luft, 45 in Leuchtgas- oder Ätheratmosphäre und als Präsentationszeit 4 bzw. 3 Stunden.

Andererseits ist das Licht von *Einfluß auf andere Reizerscheinungen*, so z. B. auf den Geotonus (*Krones*). Auch das Winden mancher Pflanzen ist vom Licht abhängig, und zwar geben eine Reihe von Pflanzen, die *Newcombe* untersuchte, in der Dunkelheit das Winden auf.

Anhangsweise sei noch darauf hingewiesen, daß *v. Guttenberg* die Gültigkeit des *Reizmengengesetzes* auch für die Größe des beleuchteten Flächenstückes in einzelnen, einstweilen nur in vorläufiger Mitteilung veröffentlichten Fällen hat zeigen können.

Des weiteren seien die gleichfalls noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen über den *Heliotropismus einzelner einem Gewebe angehöriger Zellen* nur gestreift. Einstweilen stehen derartige phototropische Bewegungen für die nur einseitig mit anderen Zellen in Verbindung stehenden Assimilationszellen einiger Marchantiaceen fest (*Liese*).

Literatur:

Blaauw, Ztsch. f. Bot. 1914, 1915.
Buder, Jahrb. f. wiss. Bot. 1917.
v. Guttenberg, Ber. D. Bot. Ges. 1919.
Heilbronn, Ber. D. Bot. Ges. 1919.
Krones, Sitz.-Ber. Ak. Wiss., Wien. 1918.
Liese, Ber. D. Bot. Ges. 1919.
Lundegardh, Ber. D. Bot. Ges. 1919.
Newcombe, Jahrb. f. wiss. Bot. 1915.
Nienburg, Ber. D. Bot. Ges. 1918.
Oltmanns, Ztschr. f. Bot. 1917.
Paal, Jahrb. f. wiss. Bot. 1918.
Pieper, A., Diss. Berlin (Phototaxis) 1915.
De Vries, M. S., Proc. R. Ac. Sc. Amsterdam 1913; Ber. D. Bot. Ges. 1913.

Besprechungen.

Bumke, Oswald, Die Diagnose der Geisteskrankheiten. Wiesbaden, J. F. Bergmann, 1919. X, 657 S. und 86 Abbildungen. Preis M. 34,—.

Die organischen Hirnkrankheiten (progressive Paralyse, Hirnsyphilis, senile Demenz, Hirnarteriosklerose, Verletzungen) sind grobe pathologische Prozesse, die den gesunden Hirnmechanismus stören; ihre Störungen sind zu studieren unter dem Gesichtspunkt einer neurologisch orientierten Gehirnpathologie. Diesen organischen Geistesstörungen stehen die symptomatischen, z. B. die toxisch bedingten, nahe und veranlassen dazu, den Begriff der organischen Psychosen zu dem der organischen oder exogenen Reaktionsformen zu erweitern. Zu ihnen stehen im Gegensatz die funktionellen oder endogenen Geistesstörungen; für sie ist ein grundsätzlich veränderter Hirnmechanismus nicht vorauszusetzen, ihre Erscheinungen lassen sich aus Eigentümlichkeiten der normalen menschlichen Psyche ableiten, sie sind psychologisch verständlich, die Bedingungen ihrer Entstehung von denen des normalen Seelenlebens nur quantitativ, nicht grundsätzlich verschieden; irgendwie materiell bedingt sind auch die funktionellen Störungen, auch die Beziehungen zur inneren Sekretion lassen ihnen die grundsätzliche Ableitung aus dem nicht durch grobe exogene Prozesse gestörten psychischen Mechanismus. Der strenge Gegensatz von organischen oder exogenen und funktionellen oder endogenen Störungen verwischt sich nur in wenigen Erscheinungen. Aus diesen Auffassungen *Bumkes* ergibt sich eine gewisse Skepsis gegen die Aufteilung der funktionellen Seelenstörungen in streng umrissenen Krankheitseinheiten, da die systematischen Einteilungsprinzipien in der Berücksichtigung exogener und endogener Faktoren, pathologischer Anlagen und krankhafter Entwicklungen noch nicht genügend fest sind; immerhin hält *B.* auch bei den funktionellen Störungen gesetzmäßige Unterschiede aus charakteristischen Zuständen und Verlaufsarten für erkennbar.

Diese Gedankengänge veranlassen *B.*, den Hauptteil des Buches dem allgemeinen Teil und insbesondere der allgemeinen Symptomatologie zu widmen (S. 19 bis 447); er teilt sich diesen Stoff in: Störungen der Wahrnehmung, des Gedächtnisses, des Denkens, des Gefühlslebens, des Wollens und Handelns, der Sprache, der Intelligenz, des Bewußtseins und körperliche Störungen. Bei jedem der Kapitel beginnt er mit einer psychologischen Einleitung, die zu einer klaren begrifflichen Auffassung des betreffenden psychischen Elements führt und geht dann auf die Untersuchung und Erfassung der Störung jedes Elements und zum Vorkommen bei den verschiedenen Krankheitsformen über. Kürzer, aber in hinreichend genauer Form wird die spezielle Psychiatrie abgehandelt unter Einteilung der Krankheiten nach praktischen diagnostischen Gesichtspunkten in: symptomatische Psychosen (bei körperlichen Krankheiten, Generation, Infektionen, Intoxikationen, Hirnerkrankungen); Psychosen des Rückbildungsalters; arteriosklerotische Seelenstörungen; Dementia paralytica; Dementia präcox (Schizophrenie); Epilepsie; Hysterie; manisch-depressives Irresein, paranoische Erkrankungen, psychopathische Konstitutionen und angeborene geistige Schwächezustände.

Der besondere Wert des Buches liegt darin, daß es, mehr als die bisherigen Lehrbücher der Psychiatrie, herausarbeitet die psychologische Auffassung der geistigen Störungen und die psychischen Reaktionstypen. Es kennzeichnet damit eine neuere Entwicklung der Psychiatrie, welche von der Hoffnung einer vollendeten Systematik der Krankheiten absieht, wie sie wohl nur auf Grund einer anatomischen Einteilung möglich wäre, und welche die Annäherung an die Psychologie erstrebt, ohne die Bedeutung neurologischer, ätiologischer und anatomischer Untersuchung zu vernachlässigen. Für den Medizinstudenten ist das Buch als Lehrbuch wohl zu umfangreich, für den Psychiater und jeden psychiatrisch interessierten Geistes- und Naturwissenschaftler ist es eine Grundlage zum Studium und zur Verständigung. *F. Sioli, Bonn.*

Gerke, O., Botanisches Wörterbuch (Teubners Kleine Fachwörterbücher 1). Leipzig, Berlin, B. G. Teubner, 1919. VI, 221 S. und 103 Abb. Preis M. 4,— + 50 % Teuerungszuschlag.

Auf engem Raum gibt Verfasser viele wertvolle Aufklärungen über Herkunft und Bedeutung zahlreicher botanischer Termini und Pflanzennamen; sein Buch ist, wie das Vorwort sagt, „mit Liebe und Sorgfalt ausgearbeitet", läßt aber an vielen Stellen Lücken seines Inhalts und Unterlassungssünden der redigierenden Hand erkennen — letzteres z. B. nur allzuoft in den Lebensdaten namhafter Naturforscher, die Verf. seinem Wörterbuch einzureihen für zweckmäßig hält. Manche Definitionen sind verbesserungsfähig. Die Termini der experimentellen Vererbungslehre hätten berücksichtigt werden können; den Bedürfnissen der Studierenden wird das Büchlein wohl nur ausnahmsweise genügen, Pflanzenfreunden und Liebhabern wird es gute Dienste tun. *E. Küster, Bonn.*

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Eine Fahrt auf dem Pungueflusse in Mosambik. Der am Rande des Matabelehochlandes entspringende, dem Sambesi parallel fließende, bei Beira mündende Pungue gehört zu den weniger bekannten größeren Flüssen Portugiesisch-Ostafrikas. Trotzdem seine Trichtermündung — seine Nachbarn Sambesi und Sabi münden mit verkehrshinderlichen Deltas — zur Verfolgung des Flußlaufes herausfordert, blieb seine erste Befahrung dem aus der Vorgeschichte des Burenkrieges bekannten Dr. *Jameson* vorbehalten, und heute noch harren Teile seines Netzes der Aufnahme. Da sein Tal gegenwärtig wirtschaftlich wenig bietet und auch nicht — wie der Sambesi — als Straße zum Hochland brauchbar ist, dient es nicht dem Verkehre, sondern befindet sich noch in völlig ursprünglichem Zustande; unmittelbar oberhalb Beira beginnt *eine unberührte tropische Stromwildnis.* Das mag eine kurze Schilderung der Punguelandschaft rechtfertigen, wie sie auf einer Motorbootbefahrung des unteren Abschnittes beobachtet wurde. — Das Gelände an der Mündung des Pungue besteht aus mächtigen Sandmassen, die in niedrigen parallelen Dünenzügen angeordnet sind und von einem breiten, in eine Wattfläche übergehenden Strande gesäumt werden. Dieser hat dem Hafen Beira, d. h. Strand, seinen Namen gegeben. Unter den hier abgelagerten Meeresauswürflingen waren zwei Formen besonders bemerkenswert, die mit Bryozoen und kleinen Lepadiden bedeckten zarten Gehäuse der in den großen Tiefen des Indischen Ozeans lebenden Spirula, einem letzten Nachzügler der einst weltweit herrschenden Ammoniten, und eine Art Cucullaea, ein vereinsamter Vertreter der im Mesozoikum verbreiteten Muschel-

gattung. Die Dünen sind mit lockerem Busch bedeckt, der sich aus hartlaubigen Sträuchern, stachligen und rankenden Pflanzen zusammensetzt, niedrige Palmen, Euphorbien und andere sukkulente Gewächse enthält und im ganzen an die Macchia der Mittelmeergebiete erinnert, also auf das Vorhandensein einer ausgesprochenen Trockenzeit hinweist. Unter den Vertretern dieser Gemeinschaft fällt die Kranzerbse (Abrus precatorius) auf, deren Schoten die bekannten kleinen feuerroten, schwarz genabelten Samen enthalten. Ähnlich gefärbte, doch größere Früchte birgt die Schote einer anderen hier zu findenden Leguminose; sie sind in Südafrika unter dem Namen „lucky beans" bekannt. Hinter den Dünen tritt das Grundwasser nahe an die Oberfläche und bildet sumpfige Flächen schwarzen, zähen Bodens. Hier und da sammelt es sich in Teichen an, die von papyrusähnlichen Beständen umzogen und mit bunten Nymphäen bedeckt sind. Große, prächtig gefärbte Eisvögel fischen auf ihnen. Das Pungueästuar ist nicht sehr tief. An der Mündung haben die Absätze des Flusses eine Barre aufgebaut, die nur auf einigen tieferen Rinnen passierbar ist. Weiter aufwärts teilen Inseln den Fluß in ein Netz schmaler Arme. Alle Ufersäume sind mit Mangrove bewachsen. Über die Waldwand des Ufers ragen die oft mit Schmarotzern beladenen Kronen von Schirmakazien und schlanke Kokospalmen empor. Vereinzelt reckt ein kahler alter Baobab seine mächtigen grauen Äste in die Luft, auf denen, schon von weitem an den herabhängenden Schwänzen erkennbar, Meerkatzen sitzen. Der bei Niedrigwasser freiliegende Strand ist ein Tummelplatz zahlreicher Sumpfvögel; fast an allen Eingängen zu Nebenarmen standen weiße Reiher, die sich abends sammelten und in Schwärmen von etwa 30 Stück über den Fluß strichen. Auch eine Ibisart war zu beobachten. Der Gezeitenstrand ist ferner ein beliebter Aufenthaltsort für Krokodile, die tief in das Brackwasser der Mündung hinuntergehen. Tagsüber schienen sie sich im Stelzwurzelwerke des Waldes aufzuhalten. Abends verließen sie ihr Versteck, bewegten sich mit überraschender Geschwindigkeit über den Schlick und glitten unter Erzeugung einer schäumenden Bugwelle ins Wasser, wo sie bis auf die Nasenöffnungen untergetaucht liegend von angetriebenen Baumstämmen kaum zu unterscheiden waren.

Das Landschaftsbild — Wasser, Wald und tropische Tierwelt — erinnert an die Flüsse Nordbrasiliens, doch schwindet diese Ähnlichkeit, sobald man die Ufer betritt. Der Wald bildet nur einen schmalen Saum im Bereiche des oberflächenahen Grundwassers, es ist ein bloßer Galeriewald, der die feuchte, üppige Flußlandschaft von trockenem Steppenlande scheidet. Der Übergang ist kein scharfer. Jenseits des wegen seiner Stelzwurzeln, der gefallenen Stämme, der begleitenden Krieks und des morastigen Grundes schwer zu durchquerenden Waldsaumes folgt noch ein schmaler Gürtel vom Wasserstande abhängigen und immer feuchten Bodens. Hier hausen in Hunderten von Erdlöchern bunte, rot bis violett gefärbte Erdkrabben, größer als die an ähnlichem Standorte an der deutschostafrikanischen Küste vorkommenden, doch kleiner als die der brasilischen Küste. Erst in einigem Abstande von der Flußlinie wird der Boden trocken und hart. Eine unübersehbare Ebene dehnt sich aus, nur von Busch, Einzelbäumen, besonders Schirmakazien, und den Kokospflanzungen der Negerdörfer unterbrochen. Man sieht hier die merkwürdigsten Formen von Früchten, lange, wurstähnliche Gebilde, runde, hartschalige Früchte mit dotterartigem Kerne, Schoten von ungewöhnlicher Länge, der Wallnuß ähnliche, doch ledrige und gekielte Nüsse. Zwischen den Bäumen erheben sich die abenteuerlich geformten, felsharten Bauten der Termiten. Sonst fallen unter den Tieren bunte Insekten, besonders Schmetterlinge, sehr große Landschnecken (Achatina), Eidechsen und Schlangen auf. — Von eigenartigem Reize erschien die Punguelandschaft in der Abendbeleuchtung: Zu den eigentümlichen, den niederen Breiten eigenen Dämmerungserscheinungen und der Wirkung des im Zenit stehenden Vollmondes gesellte sich die Beleuchtung durch die langen Feuerlinien der Steppenbrände.

Die arktischen Elemente in der aralokaspischen Fauna (*J. Partsch, Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. Berlin 1918, Heft 1/2*). Das Vorkommen von Seehunden im Kaspischen Meere, das schon *Herodot* (möglicherweise auch *Hekatäus von Milet*) geläufig war und das in neuerer Zeit zuerst durch *Gmelin* festgestellt wurde, hat zu allen Zeiten der Wissenschaft eine Aufgabe gestellt. Solange die Nordküste des Kaspischen Meeres noch unbekannt war, also vor *Ptolemaeus*, lag es nahe, in ihm eine nach Norden geöffnete Meeresbucht zu erblicken, um so mehr als die Robben auf die Nordhälfte des Sees beschränkt sind (*Patrokles* im Seleukidenreiche schlug eine Umseglung Asiens vom Kaspischen Meere nach Indien vor). Die Vorbedingungen zur Lösung der Frage gab erst in jüngster Zeit die Erkenntnis, daß die Robben des Kaspischen Meeres, des Baikalsees, des Ladogasees usw. nicht eigene, den nordischen gegenüberzustellende Arten, sondern nur Spielarten der nordischen Phoca hispida seien (*Nordquist*) und durch den Nachweis der engen Verwandtschaft auch der Crustaceen des Kaspischen Meeres mit den glazial-marinen Relikten der nordeuropäischen Binnenseen. Damit war der pontische Weg der Einwanderung ausgeschlossen, der baltisch-nordische nahe gelegt und diese selbst in eine nur wenig zurückliegende Zeit verlegt. Der noch ausstehende geologische Beweis für den zur Einwanderung erforderlichen Zusammenhang zwischen Eis- und Kaspischem Meere wird durch *Högboms* Eiszeitstudien angebahnt. Diese hatten in Skandinavien u. a. die Erkenntnis gezeitigt, daß die Eisscheide nicht über der Firstlinie der Halbinsel, sondern ostseewärts verschoben über der schwedischen Abdachung lag, daß deren Eismassen zur Zeit der höchsten Vereisung Teile zur norwegischen Küste entsandten und beim Rückzuge Anlaß zur Bildung von Stauseen gaben, die zwischen den Scheitelhöhen des Landes und dem Eise lagen und nach dem Atlantischen Ozean entwässert wurden. Hier lag aber ein Eingriff in ein hydrographisches Nachbargebiet vor, welches zu einer Faunenübertragung hätte Anlaß geben können. Seine Erfahrungen in Skandinavien ermöglichten *Högbom* nun, auf Grund seiner Kenntnisnahme von *Duparcs* geologischen Uralstudien einen ähnlichen Fall auch für das fragliche Gebiet nachzuweisen, nämlich einen Eisstausee im Gebiete der der Wolga tributpflichtigen Kama. Künftige Untersuchungen an Ort und Stelle werden voraussichtlich noch mehr solcher Stauseen finden und weitere Wege aufdecken, auf denen die Fauna des Eismeeres südwärts in das damals bis Kasan ausgedehnte Kaspische Meer gelangen konnte. *B. Brandt.*

Die Gewinnung von Benzolkohlenwasserstoffen aus Erdöl. Schon seit einer Reihe von Jahren ist man bemüht, namentlich in Amerika, aus den verschiedenen Destillaten des Erdöls Kohlenwasserstoffe von der Art des Benzols zu gewinnen. Dies gelingt bei Erhitzung des Erdöls auf hohe Temperaturen bei

gleichzeitiger Anwendung hohen Druckes sowie von Kontaktstoffen. Besonders auf ein von dem amerikanischen Chemiker *Rittman* ausgearbeitetes Verfahren hat man große Hoffnungen gesetzt, die sich indessen nur zu einem geringen Teile erfüllt haben, da das Verfahren mit beträchtlichen Ölverlusten verbunden ist und außerdem einen großen Brennstoffaufwand erfordert. Trotzdem haben während des Krieges in den Vereinigten Staaten mehrere Fabriken nach diesem Verfahren gearbeitet, um die große Nachfrage nach Rohstoffen für die Herstellung von Munition befriedigen zu können; in normalen Zeiten wird jedoch das Verfahren von *Rittman* kaum mit wirtschaftlichem Erfolg betrieben werden können.

Man kann aber aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzol, Toluol usw.) auch noch auf anderem Wege aus dem Erdöl gewinnen, da es eine ganze Reihe von Erdölsorten gibt, die diese Kohlenwasserstoffe schon von Haus aus enthalten. Bisher war dies nur von dem schweren Borneopetroleum bekannt, während des Krieges hat sich jedoch gezeigt, daß auch aus dem rumänischen und galizischen Erdöl Benzol und Toluol in guter Ausbeute gewonnen werden können.

Über interessante Untersuchungen in dieser Richtung machen Professor Dr. *Berl* und Dr. *Ziffer* in der Zeitschrift „Petroleum", 14. Jahrg. S. 1213, nähere Mitteilungen. Die Versuche wurden bereits im Jahre 1916 ausgeführt und wurden veranlaßt durch den gesteigerten Munitionsbedarf, zu dessen Deckung die Toluolerzeugung der österreichischen und ungarischen Gaswerke und Kokereien nicht ausreichte. Die eingehende Untersuchung von galizischem Erdöl ergab, daß das Mittelbenzin, das zwischen 85 und 125 ° siedet, etwa 6 % Toluol enthielt. Durch eine Umfrage bei sämtlichen Raffinerien wurde festgestellt, daß das galizische Erdöl im Durchschnitt 4,5 % Benzin von obigem Siedepunkt liefert und daß somit bei einer monatlichen Erzeugung von 300 Waggons von diesem Mittelbenzin eine Ausbeute von 180 t Toluol im Monat zu erwarten war. Zur Gewinnung des Toluols aus diesem Benzin war ursprünglich geplant, durch Behandlung der ganzen Fraktion mit Salpeter-Schwefelsäure Mononitrotoluol herzustellen, im Hinblick auf den hohen Säureverbrauch und die unvermeidlichen Nebenreaktionen, die dabei zu erwarten waren, entschloß man sich jedoch dazu, die Trennung der Benzolkohlenwasserstoffe von dem eigentlichen Benzin mit Hilfe von flüssigem Schwefeldioxyd nach dem Verfahren von *Edeleanu* vorzunehmen. Dieses von der Firma *Borsig* in Berlin-Tegel bereits vor dem Kriege technisch durchgebildete Verfahren beruht darauf, daß flüssiges Schwefeldioxyd bei einer Temperatur von — 10 bis — 20 ° C. aus Erdölprodukten nur die ungesättigten und die aromatischen Kohlenwasserstoffe herauslöst, während die gesättigten aliphatischen Kohlenwasserstoffe nur ganz wenig gelöst werden und auf diese Weise von den anderen Bestandteilen leicht getrennt werden können.

Auf diese Weise wurde aus dem Benzin ein Extrakt erhalten, dessen Menge 18,5 % des angewandten Benzins betrug und der ein spez. Gewicht von 0,810 hatte. Durch sehr sorgfältige fraktionierte Destillation dieses Extraktes und nachfolgende erschöpfende Nitrierung der einzelnen Fraktionen wurde ein Trinitrotoluol erhalten, das zwar in sprengtechnischer Hinsicht allen Anforderungen genügte, dessen Erstarrungspunkt aber einige Grade niedriger lag als der in den Abnahmevorschriften angegebene Erstarrungspunkt. Diese Abweichung war auf die störende Beimengung von Benzol und Xylol zurückzuführen; es gelang jedoch, durch nochmalige sorgfältige Destillation unter gleichzeitiger Beobachtung des spez. Gewichts des Destillats eine vollkommene Trennung des Benzols, Toluols und Xylols zu erreichen. Diese drei Kohlenwasserstoffe wurden so allerdings in Mischung mit Benzin erhalten, doch bereitete die Scheidung des Gemisches nach erfolgter Nitrierung der Benzolkohlenwasserstoffe keine Schwierigkeiten mehr. Es konnte auf diese Weise 20 % reines Toluol aus dem mit Schwefeldioxyd erhaltenen Extrakt gewonnen werden und die österreichische Munitionsbeschaffung erfuhr durch diesen neuen Fabrikationsprozeß eine recht wesentliche Erleichterung.

Kohlenheizöl, ein neuer Brennstoff. In dem Streben, einen Ersatz für das Marine-Heizöl ausfindig zu machen, sind in Amerika während des Krieges Versuche angestellt worden, eine haltbare Aufschlämmung von fein pulverisierter Kohle in Mineralöl herzustellen und dieses Gemisch als Brennstoff zu verwenden. Während sich unter gewöhnlichen Verhältnissen aus einem solchen Gemisch die Kohle, auch wenn sie noch so fein gemahlen ist, nach einiger Zeit als Bodensatz abscheidet, ist es, wie amerikanische Fachblätter berichten, dem amerikanischen Chemiker *Lindon W. Bates* gelungen, durch Anwendung eines besonderen Schutzkolloides eine Mischung von 30 bis 40 % Feinkohle mit Öl herzustellen, die monatelang unverändert blieb, sich also nicht entmischte. Die verwendete Kohle war so fein zerkleinert, daß sie zu etwa 95 % durch ein 200-Maschen-Sieb hindurchging. Es wird neuerdings auch ein flüssiges Brennstoffgemisch hergestellt, das aus 45 % Heizöl, 20 % Teer und 35 % pulverisierter Kohle besteht. Dieses Gemisch, bei dem über 50 % Öl gespart werden, hat denselben oder einen noch höheren Heizwert als das gleiche Volumen reines unvermischtes Öl.

Während Staubkohle für sich in vielen Fällen, so auf Schiffen, das Heizöl nicht ersetzen kann, läßt sich der neue Brennstoff ohne Änderung der Feuerung glatt verwenden. Ein Versuchschiff der amerikanischen Marine, das mit Normandkesseln ausgerüstet war, wurde monatelang ohne Störung mit dem Kohlenheizöl befeuert. Das Öl fließt anstandslos durch die Röhren, Vorwärmer und Feuerungseinrichtungen, es zeigt auch nach mehrmonatigem Aufbewahren nur einen geringen oder gar keinen Bodensatz. Der Zusatz des Schutzkolloids, dessen Zusammensetzung noch geheim gehalten wird, beträgt nur 1 % von dem Gewicht des Ölgemisches. Das neue Verfahren ist, wie die Chemiker-Zeitung 1919, S. 853, berichtet, für alle Öl- und Kohlesorten anwendbar und die Verbrennung des Gemisches ist so vollständig, daß bei Anwendung guter Kohle keine Schlacke und nur wenig Asche übrigbleibt. Der neue Brennstoff wurde in großem Maßstabe in einer Probeanlage in Brooklyn sowie in mehreren großen Stahlwerken erprobt. *S.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 44. (Seite 855—870) **29. Oktober 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Arbeitspsychologie. Von *Emil Kraepelin, München.* S. 855.

Der Einfluß innersekretorischer Organe auf Wachstum und Entwicklung von Froschlarven. Von *B. Romeis, München.* S. 860.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 866—870.

Eine bedeutsame Erweiterung des ultravioletten Spektrums nach kurzen Wellenlängen hin. Der Verbrennungsvorgang in der Ölmaschine. Stickstoff in Wirtschaft und Technik. Zerstörung von Beton durch Kalktonerdesulfat. Über Hautzeichnung bei Säugetieren infolge des Haarkleidwechsels.

Astronomische Mitteilungen. S. 870.

Über die Bewegung der Sterne 11. Größe.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Über psychologische Berufs-Eignungsprüfungen

für Verkehrsberufe

Eine Begutachtung ihres theoretischen und praktischen Wertes erläutert durch eine Untersuchung von Straßenbahnführern

Von

Dr. phil. et med. **Alex Schackwitz**

Assistent am Institut für gerichtliche Medizin der Universität Kiel

Mit 1 Abbildung

Preis M. 38.—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,

Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., G. m. b. H. & Cie. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Experimentalpsychologie im Dienste des Wirtschaftslebens. Von Privatdozent Dr. Walther Moede. Zweite, verbesserte und stark vermehrte Auflage. In Vorbereitung

Psychotechnik und Taylorsystem. Von K. A. Tramm, Betriebsingenieur in Berlin.

Band I: **Arbeitsuntersuchungen.** Mit 93 Abbildungen. Unter der Presse

Band II: **Grundzüge der Eignungsuntersuchung, der Einstellung, Ausbildung und Überwachung des Arbeiters und den sonstigen Anwendungen der Arbeitswissenschaft.** In Vorbereitung

Kritik des Taylor-Systems. Zentralisierung — Taylors Erfolge — Praktische Durchführung des Taylor-Systems — Ausbildung des Nachwuchses. Von Gustav Frenz, Oberingenieur und Betriebsleiter der Maschinenfabrik Thyssen & Co. in Mülheim-Ruhr. Preis M. 10.—

Die Betriebsleitung insbesondere der Werkstätten. Autor. deutsche Bearbeitung der Schrift „Shop management". Von Fred. W. Taylor, Philadelphia. Von A. Wallichs, Professor an der Technischen Hochschule in Aachen. Dritte, vermehrte Auflage. Dritter, unveränderter Neudruck. 14. bis 17. Tausend. Mit 26 Figuren und 2 Zahlentafeln. Gebunden Preis M. 20.—

Aus der Praxis des Taylor-Systems mit eingehender Beschreibung seiner Anwendung bei der Tabor Manufacturing Company in Philadelphia. Von Dipl.-Ing. Rudolf Seubert. Mit 45 Abbildungen und Vordrucken. Vierter, berichtigter Neudruck. 9. bis 13. Tausend. Gebunden Preis M. 20.—

Das ABC der wissenschaftlichen Betriebsführung. Primer of Scientific Management. Von Frank B. Gilbreth. Nach dem Amerikanischen frei bearbeitet von Dr. Colin Roß. Mit 12 Textabbildungen. Dritter, unveränderter Neudruck. Preis M. 4.60

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 29. Oktober 1920. Heft 44.

Arbeitspsychologie.

Von Emil Kraepelin, München.

Die experimentelle Psychologie ist nach Ursprung und Wesen eine *deutsche* Wissenschaft. Ihr Begründer ist *Wilhelm Wundt*, dessen Hinscheiden gerade jetzt die ganze wissenschaftliche Welt betrauert. Wenn auch schon eine Reihe deutscher Forscher, unter ihnen *Ernst Heinrich Weber, Helmholtz, Vierordt, Exner* und namentlich der Begründer der Psychophysik, *Gustav Theodor Fechner*, den psychologischen Versuch zu den verschiedensten Zwecken in Anwendung gebracht hatten, so war es doch die planmäßige Arbeit *Wundts*, die den inneren Zusammenhang zwischen allen diesen zerstreuten Untersuchungen herstellte und zielbewußt die Psychologie zu einer Naturwissenschaft umgestaltete. Sein Vorgehen hatte eine außerordentliche Wirkung. Aus allen Ländern strömten ihm Schüler zu, die sein Verfahren und seine Betrachtungsweise in sich aufnahmen und weiter verbreiteten. Den glänzendsten Aufschwung nahm die experimentelle Psychologie in *Amerika*. In großer Zahl wurden hier reich ausgestattete Arbeitsstätten eingerichtet, die binnen kurzem alles in den Schatten stellten, was bei uns die zögernde und karge Fürsorge des Staates für unsere Wissenschaft bereitzustellen vermochte. Der Grund für diese Entwicklung lag in dem Umstande, daß in Amerika von vornherein der Blick auf die *praktischen* Anwendungsmöglichkeiten des psychologischen Versuches gerichtet war. Die messende Festlegung der persönlichen Eigenschaften mit ihren Folgerungen für die Begabungs- und Berufseignungslehre, die Erforschung der Kindesseele, die Psychologie des Lehrens und Lernens in der Schule, die Abweichungen vom Durchschnitt bei Verbrechern und Geisteskranken und ähnliche Fragen waren es, auf deren Bearbeitung sich die amerikanische Wissenschaft einstellte. Die Bedeutung solcher Untersuchungen erschien so einleuchtend, daß sich Gönner genug fanden, sie zu unterstützen. Es ist daher kein Zufall, daß sich gerade in Amerika zuerst Beziehungen zwischen der exerimentellen Psychologie und der Lehre von der wirtschaftlichen Betriebsführung herstellten, wie sie von *Taylor* angestrebt wurde. Aus ihnen heraus entstand die „Psychotechnik", die eine Verwertung der psychologischen Erfahrungen für die praktische Arbeit zu erreichen sucht. Sie hat sich seit einer Reihe von Jahren auch bei uns ihr Feld erobert. Namentlich die gesteigerten Bedürfnisse des Krieges haben uns vor die Notwendigkeit gestellt, möglichst wirtschaftlich mit dem kostbarsten Gute zu verfahren, das wir noch besitzen, mit unserer geistigen und körperlichen *Arbeitskraft*.

Die Bestrebungen, die diesem Zwecke dienen, haben sich bisher ganz vorwiegend in der Richtung bewegt, für jede Art von Tätigkeit die geeignetsten Kräfte von vornherein ausfindig zu machen und die unbrauchbaren auszuschließen. Die Auslese erfolgt auf Grund des von der amerikanischen Psychologie von jeher mit Vorliebe behandelten Verfahrens der „mental tests", der stichprobenartigen Versuche, mit deren Hilfe das Vorhandensein oder Fehlen der gewünschten Eigenschaften festgestellt werden soll. Es ist gar kein Zweifel, daß durch die zum Teil äußerst scharfsinnig den Bedürfnissen der einzelnen Berufe angepaßten Versuche ein im allgemeinen zutreffendes Urteil über die Eignung der zufließenden Bewerber gewonnen werden kann. Übersehen werden darf dabei freilich nicht, daß der Ausfall der Stichproben vielfach durch die ungewöhnlichen Bedingungen, namentlich auch durch gemütliche Einflüsse, getrübt werden kann, und ferner, daß unter Umständen anfängliche Mängel durch größere Anpassungs- und Übungsfähigkeit oder durch andere günstige Eigenschaften, die im Versuche nicht hervortreten, mehr als aufgewogen werden können.

Außer durch die persönlichen Eigenschaften des Arbeiters wird aber die wirtschaftliche Ausnutzung der Arbeitskraft noch durch eine lange Reihe allgemeiner Umstände beherrscht, die vielleicht für das Gesamtergebnis weit ausschlaggebender sind. Hier bewegen wir uns wieder auf dem Boden der *deutschen* psychologischen Forschung. Umfassende Untersuchungen haben uns allmählich einen Einblick in die wesentlichsten Bedingungen verschafft, von denen die Höhe der Arbeitsleistung in jedem Augenblicke abhängig ist. Für die volle Ausnutzung der Arbeitskraft wird es daher notwendig sein, diese Bedingungen so zu gestalten, daß sie Höchstleistungen ermöglichen.

Der bei weitem wichtigste Einfluß, der die Größe der Arbeitswerte in ganz außerordentlichem Maße zu steigern vermag, ist die *Übung*. Jedem ist es bekannt, daß wir gegenüber einer ungewohnten Arbeit erst die richtige körperliche und seelische Einstellung herausfinden müssen, daß sie uns allmählich immer leichter, rascher und vollkommener von der Hand geht. Dabei spielt einmal die Erleichterung jeder Tätigkeit

durch die Wiederholung eine Rolle, die wir auf das Zurückbleiben von Arbeitsspuren, auf das Einschleifen von Bahnen, die Beseitigung von Widerständen, auch gemütlicher Art, von Zaghaftigkeit, Ängstlichkeit, Widerwillen, zurückzuführen pflegen. Weiterhin aber beruht die Übungswirkung sicherlich auch darauf, daß wir in dem Bestreben, die entgegenstehenden Schwierigkeiten zu überwinden, allmählich zu einer immer zweckmäßigeren Verwendung der uns zu Gebote stehenden seelischen und körperlichen Hilfsmittel gelangen, daß wir den „Vorteil" herausfinden, der uns die Arbeit möglichst leicht macht. Für diese Annahme spricht die Erfahrung, daß eine anscheinend schon aufs höchste eingeübte Arbeit unter Umständen plötzlich eine weitere erhebliche Steigerung aufweisen kann, wenn der Arbeiter dazu übergeht, an irgendeinem Punkte eine zweckmäßigere Einstellung auf die vorliegende Aufgabe in Anwendung zu bringen. Von großer Bedeutung kann dabei namentlich auch die Einhaltung ganz bestimmter, günstiger Zeitmaße, die „Rhythmisierung" der Arbeit, werden. Indessen, die Steigerung der Leistung durch die Übung hat natürlich immer ihre Grenzen. Sie liegen dort, wo der durch eine bestimmte Arbeitsleistung erzielte Übungsgewinn durch den in der Arbeitspause stattfindenden Übungsverlust vollkommen wieder ausgeglichen wird. Die erreichte Übung beginnt nämlich, sobald die Arbeit aufhört, anfangs rasch, dann langsamer wieder zu schwinden. Ein gewisser Rest allerdings pflegt sich überraschend lange zu erhalten; an ihn kann die Wiederaufnahme der Arbeit von neuem anknüpfen. Durch ihn wird es bedingt, daß nunmehr die Höhe der früheren Übung weit rascher erreicht wird als zuvor.

Aus diesen Tatsachen geht hervor, daß weitgehende *Arbeitsteilung* unbedingte Notwendigkeit ist, wenn man höchste Ausnutzung der Arbeitskraft erzielen will. Jeder Wechsel von einer völlig eingelernten Arbeit zu einer anderen bringt Verluste. Je maschinenmäßiger der Arbeitsvorgang abläuft, desto geringer ist der Aufwand an Kraft, desto höher die Leistung in der Zeiteinheit. Es muß allerdings die Frage aufgeworfen werden, ob es nicht zweckmäßiger ist, für Arbeiten, die sich in eine dafür geeignete Gestalt bringen lassen, wirkliche Maschinen zu verwenden und die menschliche Maschine nur dort einzustellen, wo ihr höchster Vorzug, ihre Anpassungsfähigkeit an wechselnde Bedingungen, unentbehrlich ist.

Die Übungsfähigkeit und namentlich auch die Übungsfestigkeit sind persönliche, wahrscheinlich in der Hauptsache angeborene Eigenschaften. Daraus erhellt, daß ein Urteil über die für den Einzelnen erreichbare Höchstleistung nicht nach wenigen Stichproben, sondern nur unter Berücksichtigung seiner Übungsfähigkeit und des Haftens der einmal erworbenen Übung gewonnen werden kann. Als annähernd brauchbares Maß der Übungsfähigkeit kann der in gleichmäßigen Arbeitsabschnitten durchschnittlich erzielte tägliche Übungsfortschritt benutzt werden, während sich die Übungsfestigkeit nach der Schnelligkeit beurteilen läßt, mit der nach längerer Unterbrechung der Arbeit die frühere Leistung wieder erreicht wird.

Das Gegenspiel der Übung bildet die *Ermüdung*. Sie wird bedingt einmal durch die Anhäufung von Zerfallsstoffen in den Geweben, die deren Tätigkeit lähmen, sodann durch den wirklichen Verbrauch der vorhandenen Kraftvorräte. Die erstere Ursache wird durch den Blutstrom immer rasch wieder beseitigt. Daher die Erholungswirkung auch ganz kurzer Ruhepausen und die schnelle Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit eines Muskels durch Kneten oder Durchspülen mit Kochsalzlösung. Weit langsamer geht der Ersatz der verbrauchten Gewebsbestandteile vor sich. Er ist auf die Dauer nur möglich, wenn durch die Nahrung frische Kraftquellen zugeführt werden, und wenn längere Zeit hindurch der Verbrauch eingeschränkt wird. Das geschieht in der Ruhe und für das Gehirn vor allem im Schlafe.

Die Ermüdung beginnt selbstverständlich bereits mit dem Einsetzen der Arbeitsleistung, wenn sie sich zunächst auch nicht besonders bemerkbar macht. Sie wächst aber rasch und stetig an und gewinnt schließlich das Übergewicht über alle arbeitfördernden Einflüsse, so daß sie die Einstellung jeder Tätigkeit, unter Umständen auch den Eintritt des Schlafes erzwingen kann. Mit dem Aussetzen der Arbeit schwindet sie, zunächst rasch, dann langsamer, bis auf jenen Rest, der nur durch Nahrungsaufnahme und Schlaf beseitigt werden kann. Hat auch der Ersatz des Verbrauchten stattgefunden, so sind die Ermüdungswirkungen, im Gegensatz zu denjenigen der Übung, vollkommen ausgeglichen. Diese Tatsache, daß die Übungsspuren die Ermüdung überdauern, ist das *Grundgesetz aller Entwicklung*. Nur auf diese Weise ist die Entstehung und Fortbildung zweckmäßiger Einrichtungen bei den Lebewesen überhaupt möglich.

Der Grad der sich einstellenden Ermüdung hängt selbstverständlich von der Dauer und der Schwere der verrichteten Arbeit ab. Er darf aber nicht abgeschätzt werden nach dem höchst trügerischen Ermüdungs*gefühle*. Dieses letztere bedeutet im allgemeinen eine Warnung vor allzulange fortgesetzter Arbeit und dadurch verursachter Erschöpfung. Arbeitseifer und gemütliche Erregung können, wie jedermann bekannt ist, die Entstehung der Müdigkeit verhindern. Andererseits können namentlich gemütliche Einflüsse, Eintönigkeit der Tätigkeit, Abneigung gegen die besondere Art der Arbeit, Wunsch nach anderer Beschäftigung, das Gefühl der Ermüdung entstehen lassen, wo von einer wirklichen Ermüdung gar nicht die Rede ist. Der Ausgleich der Ermüdung geschieht zunächst durch Er-

holungspausen, deren Länge sich nach dem Grade der Leistungsminderung bemessen muß, wenn sie volle Wirkung haben sollen. Wir werden späterhin auf diesen Punkt zurückzukommen haben.

Auch die Ermüdbarkeit ist eine persönliche Eigenschaft, wahrscheinlich ebenso die Erholungsfähigkeit, die Schnelligkeit, mit der sich die Ermüdung in einer eingeschobenen Arbeitspause wieder verliert. Wir können die Ermüdbarkeit messen durch die Erholungswirkung einer Pause von bestimmter Länge nach einer bestimmten Arbeitsleistung. Man hat öfters die Beobachtung gemacht, daß sich große Übungsfähigkeit mit großer Ermüdbarkeit verbindet; ob das regelmäßig der Fall ist, steht noch dahin. Immerhin wird man im allgemeinen annehmen dürfen, daß weiche, beeinflußbare, erregbare Naturen ermüdbarer zu sein pflegen, sich aber allerdings wohl auch meist rascher wieder erholen.

Ein weiterer, die Arbeitsleistung beeinflussender Umstand ist die *Anregung*. Wir bezeichnen damit die Arbeitserleichterung, die eintritt, sobald wir mit unserer Tätigkeit „in Gang gekommen" sind. Wenn das Sprichwort allen Anfang als schwer bezeichnet, so gilt das nicht nur deswegen, weil erst die nötige Übung gewonnen werden muß, sondern ferner, weil auch die menschliche Maschine beim Übergange aus der Ruhe zur Tätigkeit zunächst das Beharrungsvermögen ihrer Teile überwinden muß. Es ist allgemein bekannt, daß wir nach einer Unterbrechung der Arbeit immer erst einer gewissen Zeit bedürfen, bis der frühere Fluß wieder hergestellt ist, daß wir Höchstleistungen nur bei längerer ungestörter Tätigkeit erreichen können. Die Anregung überdauert die Arbeit noch einige Zeit. Wir sind zunächst noch ohne Schwierigkeit imstande, die abgebrochene Tätigkeit fortzusetzen. Erst nach Umfluß einer gewissen Frist ist eine neue Anstrengung nötig, um uns wieder hineinzufinden. Das entspricht durchaus dem Auslaufe einer Maschine. Von der Übung, mit der sie gleichsinnig wirkt, unterscheidet sich somit die Anregung dadurch, daß sie in verhältnismäßig kurzer Zeit vollständig verloren geht und bei jedem Arbeitsbeginne neu erworben werden muß. Andererseits vermag sie die Leistung sehr rasch erheblich zu steigern, allerdings nicht über ein bestimmtes Maß hinaus, das durch die völlige Überwindung der inneren Trägheit gegeben ist.

Weit eingreifender wird aber die Höhe der Leistung durch einen letzten Einfluß bestimmt, den wir hier noch kurz zu besprechen haben, durch den Grad der *Willensspannung*. Wenn überhaupt eine Tätigkeit zustande kommen soll, so bedürfen wir dazu der Triebkraft des Willens, der das menschliche Werkzeug in Bewegung setzt und in ihr erhält. Die Größe der von uns eingesetzten Triebkraft ist starkem Wechsel unterworfen. Bei körperlicher Arbeit vermögen wir neben einer gleichmäßig dahinfließenden Tätigkeit auch einzelne plötzliche, gewaltige Anstrengungen zu machen, während auf geistigem Gebiete Einzelaufgaben, die unvermittelt eine übermäßige Kraftentfaltung von uns verlangen, zu den großen Ausnahmen gehören. Wir pflegen daher hier eine gewisse mittlere Willensspannung einzuhalten, deren Höhe sich nur steigert, wenn wir uns im Beginne einer Tätigkeit die Anregung erkämpfen, wenn wir durch eine Störung in der ruhigen Fortführung unserer Arbeit behindert werden, oder wenn wir dem fortschreitenden Sinken der Leistung infolge der Ermüdung durch vermehrte Anstrengung entgegenzuwirken suchen. Mit der Höhe der Willensspannung wächst diejenige der Leistung, aber auch die Größe der Ermüdung. Wir sind daher auch nicht imstande, eine ungewöhnlich hohe Willensspannung längere Zeit aufrecht zu erhalten.

Das Zusammenwirken der aufgeführten und noch einiger anderer, weniger wichtiger Einflüsse bestimmt in jedem Augenblicke *die Höhe der erreichten Arbeitsleistung*. Von ihm ist aber auch der Arbeitsertrag abhängig, mit dem nach einer beliebig langen Pause die Tätigkeit wieder einsetzt. Er wird hoch sein, wenn inzwischen von Anregung und Übung möglichst wenig verloren gegangen ist, während die Ermüdung sich möglichst weitgehend ausgeglichen hat. Umgekehrt wird starker Übungsverlust auch dann die Leistung herabsetzen, wenn die Ermüdungswirkungen vollständig geschwunden sind; die Anregung ist dann selbstverständlich ebenfalls verloren gegangen. Die Größe der Willensspannung kann dabei überall regelnd oder das Ergebnis verschärfend einwirken. Die Länge der „günstigsten" Pause, nach deren Ablauf mit möglichst hoher Leistung wieder begonnen wird, läßt sich durch Versuche feststellen. Sie ist abhängig von der Art und Dauer der voraufgehenden Arbeit und auch von der Höhe der Willensspannung, mit der sie geleistet wurde. So ist es nach halbstündigem Addieren einstelliger Zahlen am günstigsten, entweder nur 5 Minuten oder 15 Minuten Pause zu machen, während die Leistung nach 10 Minuten Pause verhältnismäßig niedrig einsetzt. Der Grund liegt darin, daß hier die Anregung bereits zum größten Teile verschwunden ist, während der Ausgleich der Ermüdungswirkungen noch unvollkommen bleibt.

Für die Zwecke der Arbeitsregelung ist es aber weniger wichtig, die Länge der günstigsten, als diejenige der *„lohnendsten"*, d. h. derjenigen Pause zu kennen, deren Einschiebung den größten Arbeitsgewinn für eine gegebene Zeit ermöglicht. Dabei kommt nicht nur die Länge der Pause im Verhältnis zu Art, Dauer und Geschwindigkeit der Arbeit, sondern auch ihre Lage im Arbeitsplane in Betracht. Eine Pause von bestimmter Länge hat natürlich eine verschiedene Erholungswirkung, je nachdem wir sie bald nach Beginn, in der Mitte oder gegen das Ende der Arbeit einschieben. Die praktische Erfahrung hat gewiß schon eine Menge von Anhaltspunkten geliefert,

wie hier im einzelnen Falle am zweckmäßigsten zu verfahren ist. Eine wissenschaftliche Bearbeitung dieser Verhältnisse wurde jedoch bisher noch kaum in Angriff genommen, obgleich sie ohne weiteres möglich ist. Alle die Fragen, die heute unsere Arbeitermassen bewegen, diejenige nach der Länge und Anordnung der Arbeitsschichten, nach der durchgehenden oder unterbrochenen Arbeitszeit, nach der Berechtigung des Achtstundentages unter verschiedenen Bedingungen, nach der Länge der erforderlichen Freizeiten und Beurlaubungen, endlich auch nach der verschiedenen Gestaltung der Arbeitsordnung bei Stücklohn und Zeitlohn lassen sich einwandfrei beantworten, wenn man einmal gründlich die Beziehungen zwischen Arbeitsleistung und Erholungspausen durchforscht hat.

Indessen die Höhe der Arbeitsleistung ist noch von mannigfaltigen anderen Bedingungen abhängig, als von dem Verhältnisse zwischen Tätigkeit und Erholung. Zunächst leuchtet ein, daß die Ausfüllung der Arbeitspausen von wesentlicher Bedeutung sein muß. Wir haben bisher vorausgesetzt, daß während dieser Zwischenzeiten möglichste geistige und körperliche Ruhe eingehalten werde. Haben wir es mit rein körperlicher Arbeit zu tun, so kann eine gewisse Erholung schon dadurch zustandekommen, daß ein Wechsel der beanspruchten Muskeln vorgenommen wird, also bald die rechte, bald die linke Hand, bald die Arme, bald die Beine zur Arbeit herangezogen werden. Allerdings ist die rein örtliche Ermüdung immer auch von einer allmählich anwachsenden allgemeinen Ermüdung begleitet, so daß jener Wechsel immer unvollkommener die Leistungsfähigkeit wiederherstellt. Auf geistigem Gebiete scheint eine so umgrenzte Ermüdung, wie wir sie bei den Muskeln beobachten, überhaupt nicht vorzukommen. Wenigstens hat sich gezeigt, daß hier ein Arbeitswechsel nur dann eine gewisse Erholungswirkung ausübt, wenn auf eine schwierige Tätigkeit eine leichtere folgt, nicht aber bei einfacher Änderung des Arbeitsgebietes.

Was wir gewöhnlich Erholungen zu nennen pflegen, Vergnügungen, Zerstreuungen, Kunstgenüsse, Geselligkeit, hat daher durchaus nicht die Wirkung, die Ermüdung zu beseitigen, steigert sie vielmehr noch je nachdem in verschiedenem Grade. Ihr Wert liegt vielmehr in der Beeinflussung der Gemütsstimmung und damit des Willens. Die durch äußere Einwirkungen, namentlich durch die Notwendigkeit des Broterwerbs, erzwungene Tätigkeit wird leicht von dem Gefühle einer gewissen Unfreiheit begleitet, von dem Verzichte auf die freie Befriedigung der eigenen Neigungen. Um der daraus erwachsenden unfrohen, den Willen lähmenden Stimmung entgegenzuarbeiten, ist die zeitweilige Ausspannung aus dem Joche und die unbehinderte Hingabe an selbstgewählte Betätigungen um so dringender erforderlich, je maschinenmäßiger der Arbeitsdienst sich abspielt.

Wichtig ist es, zu beachten, daß auch nicht etwa körperliche Arbeit als wirkliche Erholung von geistiger Tätigkeit dienen kann und umgekehrt. In beiden Fällen wächst die Ermüdung an und beeinträchtigt demnach fortschreitend die Leistung. Nur verknüpft sich mit der körperlichen Betätigung außerdem eine stärkere Willenserregung, die unter Umständen die nachfolgende geistige Arbeit in eigenartiger, zumeist ungünstiger Weise beeinflußt. Daß trotzdem die körperliche Betätigung gerade für den geistigen Arbeiter zur Erhaltung seiner Gesundheit und Frische unerläßlich ist, bedarf keiner weiteren Ausführung.

Wenn der Arbeiter während der Pausen wach bleibt, so dauert seine geistige Tätigkeit fort, und es kommt, auch wenn er nichts mehr arbeitet, zu einer während des Tages fortschreitenden Herabsetzung der Leistungsfähigkeit; selbst der größte Müßiggänger wird schließlich von wachsender Ermüdung befallen. Den Ausgleich kann lediglich der *Schlaf* bringen. Die Länge und die Anordnung des Schlafes ist demnach für die Erhaltung der Arbeitsfähigkeit von der allergrößten Wichtigkeit. Gerade für Nachtarbeiter wäre es äußerst notwendig, sich darüber zu vergewissern, ob die von ihnen gewählte Befriedigung des Schlafbedürfnisses die angestrebte restlose Beseitigung der Ermüdungswirkungen gewährleistet, oder ob sich nicht eine die Leistungsfähigkeit, ja die Gesundheit gefährdende Dauerermüdung herausbildet. Leider ist die Frage deswegen so verwickelt, weil der Erholungswert des Schlafes sehr wesentlich auch von seiner Tiefe abhängen dürfte, die je nach der persönlichen Anlage und Gewohnheit recht verschieden sein kann. Wir besitzen jedoch immerhin gewisse Anhaltspunkte für die Beantwortung der Frage, welche Schlafdauer im einzelnen Falle erforderlich scheint; sie könnte auch durch Versuche festgestellt werden. Ähnliches gilt für die Einschiebung von Schlafzeiten in die Tagesarbeit.

Daß weiterhin auch der *Ernährung* eine große Bedeutung für die Arbeitsfähigkeit zukommt, hätte uns der Krieg eindringlich lehren können, wenn wir es vorher noch nicht gewußt hätten. Hunger und namentlich auch Entziehung der Flüssigkeitszufuhr setzt die Leistungsfähigkeit auf verschiedenen Gebieten rasch sehr erheblich herab, vielleicht noch mehr die Muskelarbeit, als die mit geringerem Kalorienverbrauche einhergehende geistige Tätigkeit.

Wir haben weiterhin kurz des Einflusses zu gedenken, den die verbreiteten *Genußmittel* auf die Leistungsfähigkeit ausüben. Durchaus an der Spitze steht hier der Alkohol. Es gibt kaum eine Arbeit, die nicht durch ihn entschieden geschädigt würde; schon die Erfahrungen der Montage in der Industrie würden genügen, um die Forderung einer Beseitigung dieses gefährlichen Arbeitergiftes vollauf zu begründen. Jede Art geistiger Tätigkeit, ferner die Ausdauer bei der

Muskelarbeit, namentlich aber die Sicherheit der Bewegungen leidet fast unfehlbar unter Alkoholeinwirkung, mag auch die Empfindlichkeit des Einzelnen gegen das Gift sehr verschieden sein. Lediglich eine rasch vorübergehende Zunahme der Kraftleistung unter dem Einflusse der Willenserregung läßt sich feststellen; ihr folgt weiterhin eine Abnahme. Verhängnisvoll ist es, daß die Wirkung auch anscheinend mäßiger Alkoholgaben wesentlich länger andauert als man anzunehmen pflegt, und daß sich bei regelmäßigem Genusse mittlerer Alkoholmengen schon nach kurzer Zeit eine dauernde Senkung der Leistungsfähigkeit einstellt. Es wäre in hohem Grade wünschenswert, wenn diejenigen Volksschichten, deren einziger Besitz ihre Arbeitskraft ist, mit den gesicherten Tatsachen der Alkoholforschung weit mehr bekannt gemacht würden als das seither der Fall ist.

Gegenüber dem Alkohol kommt den übrigen landläufigen Genußmitteln nur eine untergeordnete Bedeutung für die Arbeitsfähigkeit zu. Kaffee und Tee erhöhen die Muskelleistung und geben eine gewisse geistige Anregung. Sie können schädigend wirken, wenn sie den Schlaf und damit den völligen Ausgleich der Ermüdungswirkungen beeinträchtigen. Der Tabak beruhigt und scheint ebenfalls geistig anzuregen. Er kann wohl im allgemeinen als arbeitfördernd angesehen werden; nur hat er die unerfreuliche Eigenschaft, daß er gar zu leicht zum unausrottbaren Bedürfnisse wird.

Die eigentliche Quelle, aus der die Leistung entspringt, ist der *Arbeitswille*. Die Größe seiner Spannung kommt im gesamten Verlaufe der Arbeitskurve zum Ausdrucke. Bei Unfallsnervenkranken, deren Arbeitswille auf ein Mindestmaß gesunken ist, kann man diese Tatsache ohne weiteres aus dem Gange ihrer Leistungen entnehmen. Daraus ergibt sich die ungeheure Wichtigkeit der *Arbeitsfreudigkeit* für den Ausfall des Arbeitsergebnisses. Diese wird beeinträchtigt durch das Fehlen der inneren Befriedigung an der Arbeit, wie sie zum Teil durch deren maschinenmäßige Gestaltung bedingt ist, die wir durch höchste Übung zu erreichen suchen. Dazu kommt aber weiterhin die allgemeine Unzufriedenheit mit der gesamten Lebenslage. Wir haben es genugsam erlebt, wie sehr durch politische und wirtschaftliche Kämpfe die Arbeitsfreudigkeit untergraben wird und der Arbeitswille bei jedem Anlasse zu versagen droht.

Es wird ernstester Erwägungen und des Zusammenarbeitens der Besten bedürfen, um die jetzt halb verschüttete Quelle des Arbeitswillens wieder freizumachen. Viele Mittel werden für die Erreichung dieses dringendsten Gebotes der Stunde herangezogen werden müssen. Vielleicht ist aber auch eines davon die möglichst zweckmäßige Ausnutzung der Arbeitskraft. Nicht darum handelt es sich, wie es vielfach den nur zu gläubigen Ohren der Arbeiter gepredigt wird, aus der menschlichen Maschine die letzten möglichen Leistungen herauszupressen, sondern darum, *mit einem Mindestmaß von Kraftaufwand die höchste Nutzwirkung zu erzielen*. Die Erfolge des *Taylor*verfahrens, die durch Berücksichtigung zahlreicher unscheinbarer Einzelheiten im Arbeitsbetriebe erreicht wurden, lassen die Hoffnung berechtigt erscheinen, daß die uns bisher noch fehlende Anwendung der arbeitspsychologischen Erfahrungen auf die Arbeitsordnung sowie die weitere wissenschaftliche Durchforschung der hier ihrer Lösung harrenden Fragen nicht ohne Erfolge für die Erleichterung des Arbeitsdienstes, für eine Steigerung des Arbeitsertrages und damit für eine Hebung der Arbeitsfreudigkeit bleiben würde. Der Weg zur Erreichung dieses Zieles steht heute offen, nachdem durch jahrzehntelange Vorarbeiten die Verfahren ausgearbeitet worden sind, die es gestatten, die Höhe der jeweiligen körperlichen und geistigen Leistungsfähigkeit, die Wirkungen der Übung, Ermüdung und Anregung und bis zu einem gewissen Grade auch die Höhe der jeweiligen Willensspannung zu bestimmen. So ist es weiterhin auch möglich, die Art und den Umfang aller jener Einwirkungen zahlenmäßig festzulegen, die den Ertragswert der Arbeit in günstigem oder ungünstigem Sinne beeinflussen.

Allerdings wird es noch längere geduldige Arbeit erfordern, die vorläufig für rein wissenschaftliche Zwecke ersonnenen Verfahren und Hilfsmittel der Erforschung weitaussehender praktischer Fragen anzupassen. Indessen die grundsätzlichen Schwierigkeiten dürfen heute als überwunden gelten. Es liegen auch bereits einzelne Untersuchungen vor, die dartun, daß wir auf diesem Gebiete mit Aussicht auf Erfolg unmittelbar verwertbare Arbeit zu leisten vermögen. Ich erwähne hier nur die Versuchsreihen über die Wirkung des Arbeitswechsels, der Nachtwachen und des Hungers auf die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit, über die Beeinflussung des Maschinenschreibens, der Setzertätigkeit, der Schießleistungen durch den Alkohol. Es kann daher nicht zweifelhaft sein, daß die Arbeitspsychologie heute dafür reif ist, an der großen Aufgabe der wirtschaftlichen Gesundung unseres Volkes mitzuarbeiten. Wir könnten leicht einen bedeutenden Vorsprung gewinnen, denn kein anderes Volk verfügt hier auch nur annähernd über so reiche Erfahrungen und so gründliche Vorarbeiten wie wir. Der unglückliche Ausgang des Krieges hat uns fast alles genommen, was wir bis dahin besaßen; nur die deutsche Wissenschaft hat er zwar schädigen, aber nicht zerstören können. Wir dürfen daher hoffen, daß sie wesentlich an dem Wiederaufbau unseres Vaterlandes mitzuarbeiten berufen ist. Vielleicht wird es auch der Arbeitspsychologie möglich sein, ein bescheidenes Teil dazu beizutragen, indem sie uns lehrt, mit geringstem Aufwand von Kraft die größtmöglichen Wirkungen zu erreichen.

Der Einfluß innersekretorischer Organe auf Wachstum und Entwicklung von Froschlarven.

Von B. Romeis, München.

Mit steigendem Interesse versucht man seit dem letzten Jahrzehnt auf einem Teilgebiet der experimentellen Biologie die Lösung der Frage, welche Bedeutung den Sekreten der innersekretorischen Drüsen für das Wachstum und die Entwicklung des Wirbeltierkörpers zukommt. Die Methodik, die den meisten der hier in Frage kommenden Versuchen zugrundeliegt, besteht vorwiegend darin, den Verlauf des Wachstums und der Entwicklung bei Unter- und Überfunktion der betreffenden Drüsen festzustellen und aus diesen Befunden dann auf die physiologische Tätigkeit der Drüsen Rückschlüsse zu ziehen. Während nun die Unterfunktion durch völlige oder teilweise Entfernung der betreffenden Drüse in den meisten Fällen verhältnismäßig einfach zu erreichen ist, stehen der Erzielung einer Überfunktion beträchtliche Schwierigkeiten im Wege, trotzdem gerade die Lösung dieses Problems für den Uneingeweihten sehr einfach erscheint. Besonders bei höheren Wirbeltieren haben nämlich die nächstliegenden Methoden, wie übermäßige Fütterung mit den in Frage stehenden Organen, Injektion von Organextrakten, Implantation von überzähligen Organen häufig zu gar keinen oder zu widersprechenden Ergebnissen geführt, so daß hier im Gegensatz zu den Exstirpationsversuchen noch bis vor kurzem nur in verhältnismäßig wenigen Fällen sichere Schlüsse gezogen werden konnten.

Es bedeutete daher gerade für dieses Gebiet der experimentellen Biologie einen wertvollen Fortschritt, als *Gudernatsch*[1]) nachwies, daß Wachstum und Entwicklung von Froschlarven durch Verfütterung gewisser innersekretorischer Organe in zum Teil sehr charakteristischer Weise beeinflußt wird. Der Wert dieser Experimente wird noch dadurch gesteigert, daß bei diesen Tieren mit der Einwirkung der Substanzen bereits auf sehr frühem Entwicklungsstadium begonnen werden kann. Daß bei diesen Versuchen schon von frühester Entwicklungsstufe an Einflüsse von seiten des mütterlichen Organismus ausgeschaltet sind und daß sich alle Veränderungen der äußeren Form mit der Lupe leicht verfolgen lassen, erhöht den Wert der Gudernatschschen Entdeckung. Nicht zu unterschätzen ist ferner die Möglichkeit ohne besondere Schwierigkeiten mit großen Mengen von Tieren zu arbeiten, wodurch man die gerade bei innersekretorischen Drüsen vorkommenden individuellen Schwankungen ziemlich weitgehend auszuschalten vermag.

Die von *Gudernatsch* erhaltenen Resultate wurden von einer Reihe von Forschern[1]) bestätigt und nach verschiedenen Richtungen hin wesentlich erweitert. Einer Aufforderung der Herausgeber der „Naturwissenschaften" nachkommend, werde ich in einem kurzen Überblick die wesentlichsten der Ergebnisse zusammenfassen, die bis jetzt mit Hilfe dieser Methodik hinsichtlich der Beeinflussung von Wachstum und Entwicklung erzielt wurden. Bei diesem Anlaß werde ich auch einige, noch unveröffentlichte Resultate meiner zahlreichen und bis jetzt nur zum Teil publizierten Versuche verwerten. Wenn dabei die durch Thyreoidea- und Thymusfütterung erhaltenen Resultate besonders hervorgehoben werden, so beruht dies darauf, daß hierüber die eingehendsten Untersuchungen vorliegen.

Im normalen Verlaufe des Larvallebens des Frosches (Kaulquappenperiode) lassen sich bekanntlich 2 Zeitabschnitte unterscheiden: eine längere eigentliche Larvalperiode, während der die Ausbildung verschiedener larvaler Organe ihren Höhepunkt erreicht, und ein kürzerer Zeitabschnitt der Metamorphose, in dem die Rückbildung dieser Organe und die Umbildung zum Fröschchen erfolgt. Die erstere dauert unter gewöhnlichen Versuchsbedingungen bei rana temporaria etwa 2 bis 2½ Monate, die letztere 4 bis 10 Tage.

Der Beginn der Metamorphose macht sich äußerlich dadurch bemerkbar, daß die Körperform der Larve froschähnlich wird; die rundliche eiförmige Seitenkontur der Larve schnürt sich etwas ein, die Kopfform wird froschartig, die Extremitäten zeigen erhöhtes Wachstum, die mehr diffuse Pigmentierung der Larve macht dem typischen streifigen Kleid des Fröschchens Platz. Das Ende der Metamorphose wird äußerlich u. a. durch den Durchbruch der Vorderbeine, den Verlust des Ruderschwanzes und das Anlandgehen des Tieres angezeigt.

Füttert man nun Kaulquappen mit etwas Schilddrüse, so bleiben die Tiere nach einer kurz dauernden Periode einer gesteigerten Größenzunahme sehr bald im Wachstum hinter den Kontrollarven zurück; an der Schwanzspitze und den Flossensäumen machen sich Rückbildungsprozesse bemerkbar ähnlich wie im Verlauf der normalen Metamorphose; auch die Rumpfgröße nimmt ab, der erst rundlich geblähte Leib bekommt einen geigenförmigen Umriß und spitzt sich dann immer mehr nach hinten zu, so daß das Tier immer kleiner wird und zuletzt oft nur mehr einen Teil der ursprünglichen Größe besitzt (Fig. 1). Diese Symptome können schon durch eine einzige Fütterung ausgelöst werden; ja, wie ich gezeigt habe, genügt es, die Eier während der ersten Fur-

[1]) 12, Arch. Entw.-Mech. *35*; — 14, Amer. Journ. Anat. *15*.

[1]) *B. Romeis*, 13, Arch. Ent.-Mech. Bd. *37*; — 14/15, ebd. Bd. *40/41*; — 16, Ztschr. ges. exp. Med. Bd. *4*; — 16, ebd. Bd. *5*; — 18, ebd. Bd. *6*; — 19, Pflüg. Arch. Bd. *173*. *Abderhalden* 15, Pflüg. Arch. *162*; — 20, ebd. Bd. *176*, *Kahn, R. H.* 16, Pflüg. Arch. *163*. Weitere Literatur in den angeführten Arbeiten.

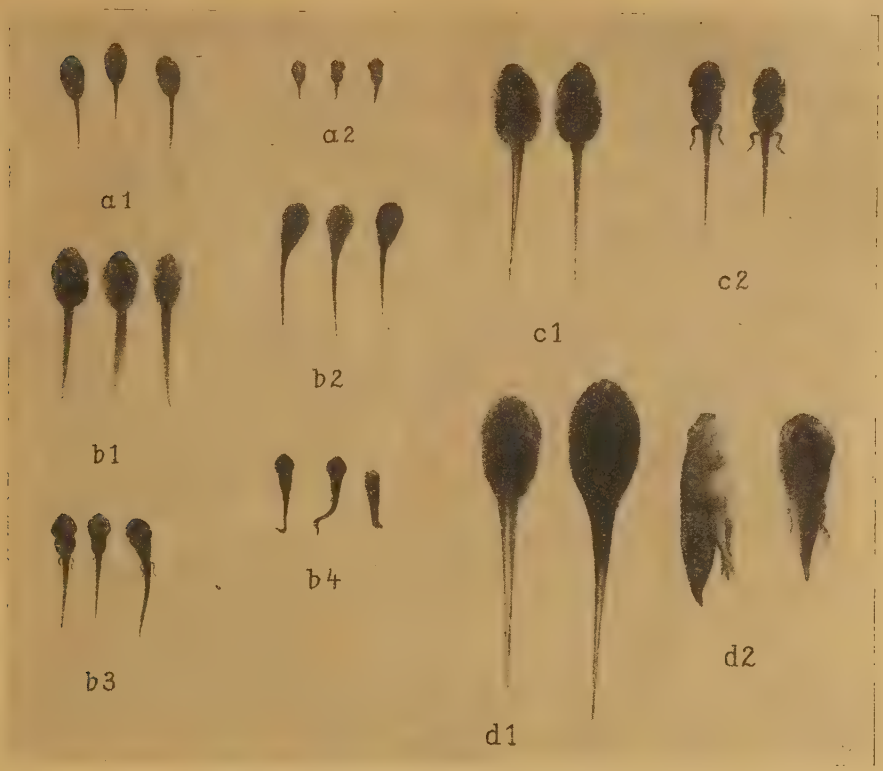


Fig. 1. Veränderung von Froschlarven bei Thyreoideafütterung.
a) *bei frühzeitiger Fütterung:* a 1: Co; a 2: Thyr. b) *bei etwas späterer Fütterung:* b 1: Co; b 2: schwach wirkendes Schilddrüsenpräparat, b 3: frische Schilddrüse, b 4: stark wirkendes Schilddrüsenpräparat. c) *bei späterer mäßiger Fütterung:* c 1: Co; c 2: Thyr. d) *bei Einwirkung auf große Larven:* d 1: Co; d 2: Thyr. (Nat. Gr.)

chungsstadien ein einziges Mal für 24 Stunden in eine schwache Jodothyrinlösung zu bringen, um 8—14 Tage später diese charakteristischen Schilddrüsensymptome auftreten zu sehen. Auffallenderweise werden dieselben aber auch bei noch so früher Einwirkung erst von einem bestimmten Entwicklungsstadium an äußerlich sichtbar.

Sehr deutlich tritt der durch abnorme Stoffwechselsteigerung hervorgerufene Abbau von Körpersubstanz, der als Stillstand und Rückgang des Wachstums in Erscheinung tritt, vor Augen, wenn man die Gewichtszunahme der Froschlarve vom Verlassen der Eihüllen an bis zur Beendigung der Metamorphose in Kurvenform aufzeichnet. Bei normaler Entwicklung erhält man eine ziemlich steil (vergl. Fig. 2a) ansteigende Linie, die kurz vor Beginn der Metamorphose ihren Gipfelpunkt erreicht, um dann während der Dauer der Umwandlung scharf abzufallen und erst nach Abschluß derselben wieder anzusteigen. Diese Gewichtsverschiebungen beruhen größtenteils auf Wasseraufnahme und Wasserabgabe, während der Ansatz von organischer Substanz und anorganischen Salzen nur gering ist. Ein ganz anderes Aussehen bietet die Gewichtskurve bei Froschlarven, die mit Schilddrüse gefüttert sind (Fig. 2b). Schon wenige Tage nach Beginn der Fütterung ebbt hier der Anstieg ab und bald senkt sich nach einem kurzen Stehenbleiben die Kurve steil nach abwärts; naturgemäß tritt auch hier wieder der

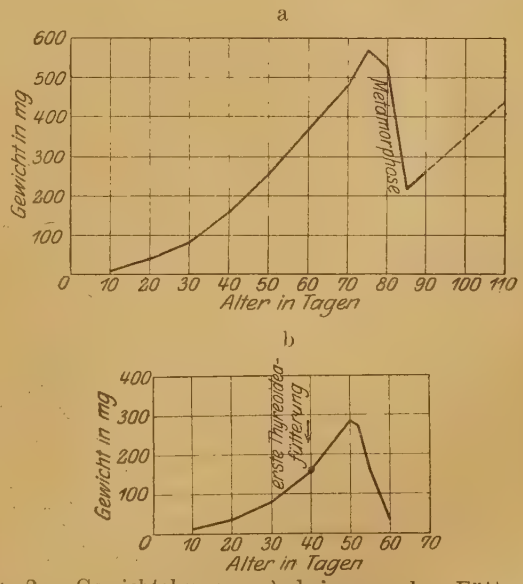


Fig. 2. Gewichtskurve: a) bei normaler Fütterung, b) bei viermaliger Thyreoideafütterung (nach Durchschnittswerten von rana-temporaria-Larven).

Wasserverlust in den Vordergrund[1]), doch wird, wie Wägungen von Trockensubstanz und Asche ergeben, auch organisches und anorganisches Körpermaterial angegriffen. Bei starker Fütterung kann auf diese Weise besonders bei vollentwickelten Larven das Gewicht der Tiere in kurzer Zeit auf etwa 70 % des Anfangsgewichtes herabsinken. Der Organismus braucht eben infolge der Stoffwechselsteigerung soviel Material, daß er eigene Körpersubstanz angreifen muß, zumal er durch gleichzeitig eintretende noch zu besprechende Veränderungen des Verdauungskanals in der Nahrungsaufnahme behindert ist.

Die stoffwechselsteigernde Wirkung der Schilddrüsenfütterung, die ja von Versuchen an höheren Wirbeltieren her bekannt ist, läßt sich schon sehr einfach an dem Aussehen des Zuchtwassers erkennen. Dasselbe ist bei den mit Thyreoidea gefütterten Quappen zumal während der ersten Zeit viel stärker verunreinigt und trüber als bei den Kontrollarven. Einwandfrei läßt es sich durch die chemische Untersuchung des Abwassers nachweisen. So ergibt z. B. die Stickstoffbestimmung nach *Kjeldahl* hierbei bei den Thyreoideatieren höhere Werte. Aber nicht nur über den Stickstoff, sondern auch über Sauerstoff- und Kohlensäurestoffwechsel lassen sich bei geeigneter Versuchsanordnung wertvolle Aufschlüsse gewinnen. Von Wichtigkeit ist diese Methodik auch deshalb, weil sich damit in wesentlich einfacherer Weise als bei höheren Wirbeltieren Stoffwechseluntersuchungen anstellen lassen, wie sie z. B. auch für die Prüfung der Wirksamkeit einzelner Organextraktfraktionen von Bedeutung sind.

Neben dem Wachstum wird, wie bereits erwähnt, auch die Entwicklung der Tiere durch die Schilddrüsenfütterung in sehr charakteristischer Weise beeinflußt. Als eines der ersten äußerlich in Erscheinung tretenden Zeichen macht sich eine Beschleunigung der Extremitätenentwicklung geltend. So bilden sich bei 2 bis 3 Wochen alten Larven, bei denen die Anlagen der Hinterbeine eben als kleine rundliche Höcker erkennbar sind, die Extremitätenknospen schon wenige Tage nach der Schilddrüseneinwirkung zu länglichen Zapfen weiter, während die Kontrolltiere noch ziemlich lange das erstgenannte Aussehen zeigten. Etwas später kommt die Beschleunigung der Entwicklung noch viel deutlicher dadurch zum Ausdruck, daß je nach der Stärke der Fütterung und dem Stand der Entwicklung zu Beginn des Versuches — nach 5—24 Tagen die Vorderbeine, die bis jetzt unter der Haut verborgen waren, in ihrer Entwicklung aber mit den Hinterbeinen gleichen Schritt hielten, die Hautdecke durchbrechen, während die Kontrolltiere erst 3 bis 8 Wochen später diese Stufe erreichen. Bei sehr schwacher Dosierung bekommt man auf diese Weise zumal bei Verwendung etwas älterer Larven und besonderer Spezies, wie z. B. Bufo vulgaris, kleine, im übrigen aber äußerlich gut proportionierte Zwergfröschchen, während man bei starker Dosierung ganz

Fig. 3. Sehr stark beeinflußte Thyreoidealarve.

grotesk aussehende Mißgestalten erzielt (s. Fig. 3). Kurz nach Beginn der Fütterung machen sich auch am Ruderschwanz der Larve Abbauprozesse geltend, die zuerst in einer Verschmälerung der Flossensäume zum Ausdruck kommen, bald aber von der Schwanzspitze her auf den axialen Teil des Schwanzes übergreifen, so daß das Organ besonders bei älteren Larven oft in kürzester Zeit verschwindet (vergl. Fig. 1 u. 2). Recht deutlich läßt sich der frühzeitige Eintritt der Metamorphose der Thyreoideatiere durch die Kurve vor Augen führen, bei der der Durchbruch der Vorderbeine immer durch eine kleine Zacke angezeigt ist (Fig. 4). Die Zahl der an den einzelnen Tagen metamorphosierenden Tiere ist aus der jeweiligen Höhe der Zacke abzulesen.

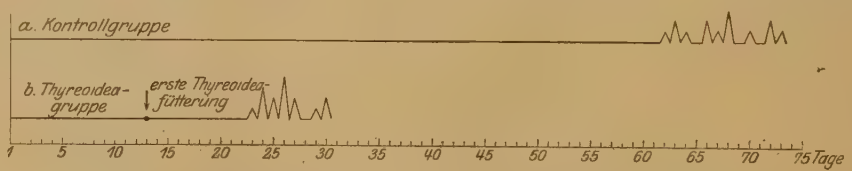


Fig. 4. Metamorphosenkurve von rana temporaria-Larven
a) bei normaler Fütterung, b) bei mehrmaliger Thyreoideafütterung.

[1]) Wie neue Versuche von *Eppinger* (Path. u. Ther. des menschl. Ödems 17) zeigen, übt Schilddrüsenfütterung auch beim Menschen eine diuretische Wirkung aus.

Bei genauerer Beobachtung lassen sich außer den schon geschilderten Merkmalen noch eine ganze Reihe anderer charakteristischer Prozesse verfolgen, durch die ein Vergleich des ganzen Vorganges mit der Metamorphose noch weiter gerechtfertigt wird. So besitzt die normale gut ausgebildete Froschlarve am Maul einen komplizierten Apparat von Hornkiefern mit Hornzähnchen und von breiten Lippen, die mit Leisten, Hornhäkchen und Papillen besetzt sind. Während der Metamorphose wird dieser ganze Organkomplex völlig zurückgebildet. Ebenso veranlassen schon ganz geringe Gaben von Schilddrüse das Einsetzen von Rückbildungsprozessen, so daß in kurzer Zeit der Apparat völlig verschwindet. Bei starken Dosen kommt es dabei zu einer aus Fig. 3 ersichtlichen Mißbildung des Maules, bei

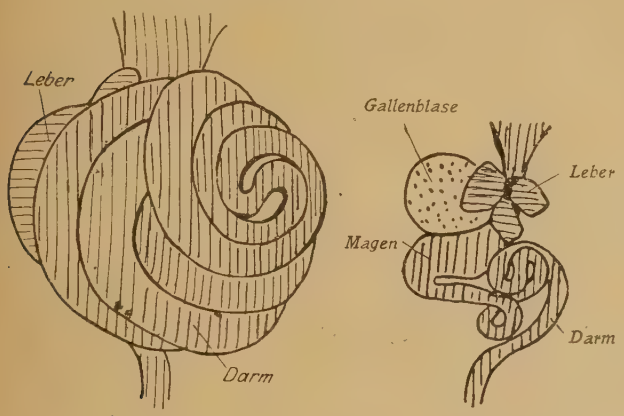


Fig. 5 a. Fig. 5 b.

Fig. 5. Schematische Darstellung der Baucheingeweide a) einer normal gefütterten Froschlarve, b) eines gleichalten Thyreoideatieres. (Ventralansicht.)

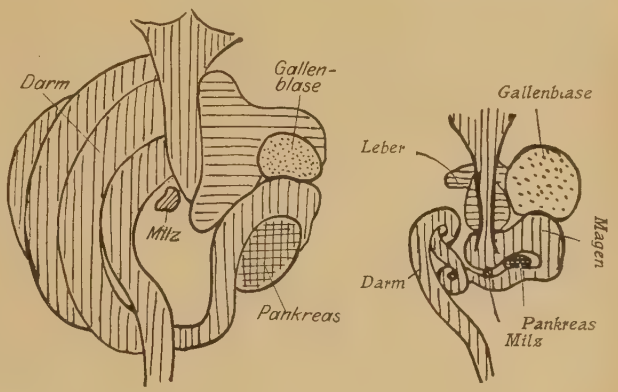


Fig. 6 a. Fig. 6 b.

Fig. 6. Desgl. (Dorsalansicht.)

Fig. 5 u. 6 aus Pflügers Archiv Band 173, Heft 4/6, S. 441, Fig. 6 a/b, S. 443, Abb. 11 a/b.

der dem Tiere ein Schließen der Mundöffnung unmöglich geworden ist.

Eingreifende Veränderung erfährt ferner der Verdauungstraktus einschließlich der zugehörigen Drüsen. Es handelt sich auch hier wieder um eine frühzeitige Nachahmung der natürlicherweise erst während der Metamorphose eintretenden Umbildung. Wie ein Vergleich des herauspräparierten und in Fig. 5a u. b in der Ventral- und in Fig. 6a u. b in der Dorsalansicht schematisch gezeichneten Darmes eines Thyreoideatieres mit dem einer gleichaltrigen normalen Kontrollarve zeigt, wird das voluminöse tellerartig aufgewundene, hauptsächlich auf vegetabilische Kost berechnete Darmkonvolut zu einem kurzen wenig gewundenen Rohr reduziert. Histologisch lassen sich dabei Vorgänge von Zelldegeneration und Zellneubildung beobachten, die mit den auch normalerweise bei der Metamorphose auftretenden weitgehend übereinstimmen. Daß aber nicht nur abbauende Prozesse stattfinden, sondern auch Beispiele von fortschreitender Entwicklung nachzuweisen sind, zeigt das Verhalten des Magens, der bei den Thyreoideatieren schon als deutliche Blase hervortritt, während er bei gleich alten Kontrollarven gegen den Dünndarm zu äußerlich noch kaum abzugrenzen ist. Eine sehr starke, das Normalmaß überschreitende Reduktion erfährt die Bauchspeicheldrüse, bei der es unter dem Einfluß der Schilddrüsenfütterung zu ausgedehntem Zerfall von Drüsenzellen kommt.

Die Leber bietet ebenfalls typische Veränderungen. Die durch die Thyreoideafütterung herbeigeführte Abnahme der Zellgröße ist hier besonders deutlich ausgeprägt (Unterschied der durchschnittlichen Größe der Leberzelle eines Thyreoideatieres gegen die eines gleich alten Kontrolltieres z. B. 9×11 μ gegen 24×32 μ). Sie beruht u. a. auf erheblicher Wasserabgabe, wodurch das Protoplasma dichter wird und sich stärker färbt. Auch der Fettgehalt ist vermindert. Ganz besonders tritt aber bei den Schilddrüsentieren die ganz enorme Pigmentablagerung hervor, die hauptsächlich in den Kupfferschen Sternzellen stattfindet. Diese Zellen fangen auch während der normalen Metamorphose die Pigmentkörnchen, die infolge der zu dieser Zeit stattfindenden Abbauprozesse in vermehrtem Maße in die Blutflüssigkeit gelangen, auf, um sie in ihrem Zelleib abzulagern, ähnlich wie sie auch eingespritzte Tusche oder Karminkörnchen phagocytieren. Bei der normalen Metamorphose kommt es jedoch niemals zu derartig mächtigen Anhäufungen, wie sie auf Fig. 7 zu sehen sind.

Eingreifende Veränderungen spielen sich an den Atmungsorganen ab. Der Abbau der äußeren Kiemen, des ersten Atmungsorgans, vollzieht sich bei den Thyreoideatieren rascher als bei den Kontrollarven; sehr bald treten aber auch an den inneren Kiemen, die übrigens bei früher Fütterung gar nicht zur vollen normalen Entfaltung kommen, Reduktionen auf, so daß auch dieses zweite larvale Respirationsorgan atrophisch ist, oft noch bevor die zwar schon vorhandenen, aber anscheinend noch nicht ganz funktionsfähigen Lungen-

säcke imstande sind, der Atmung zu genügen[1]).

Von besonderer Wichtigkeit ist das Verhalten der innersekretorischen Organe. Die Schilddrüse besteht bei stark gefütterten Thyreoideatieren nur aus wenigen, ganz kleinen, außerordentlich stark pigmentierten Follikeln, während sie bei einer entsprechenden Normallarve schon aus zahlreichen, großen, stark gefüllten Bläschen gebildet wird. Einen Begriff des Größenunterschiedes gibt Fig. 8a und b. Die letztere zeigt die nach der Bornschen Wachsrekonstruktionsmethode bei

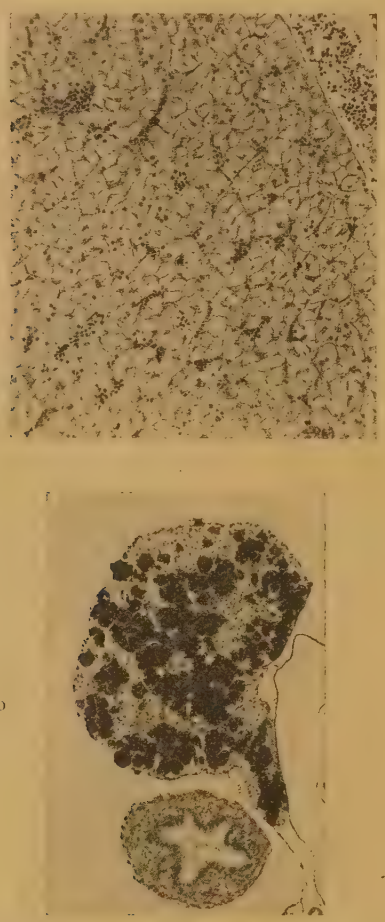


Fig. 7. Leberschnitt a) einer normalgefütterten Froschlarve, b) eines gleichalten Thyreoideatieres (beide 80-fache Vergrößerung).

100-facher Vergrößerung modellierte Schilddrüse einer mit Jodothyrin behandelten Larve, während Fig. 8a die bei gleicher Vergrößerung nachgebildete Schilddrüse einer gleichalten Kontrollarve darstellt. Dabei ist zu bemerken, daß die erstere von einem Tiere stammt, das infolge besonderer Anwendungsweise des Schilddrüsenpräparates im Allgemeinwachstum nicht so stark zurückgeblieben war, als es gewöhnlich der Fall ist. Die Größenunterschiede sind also nicht nur relativ, sondern auch absolut. Bei sehr stark gefütterten Thyreoideatieren sind die Drüsen noch kleiner.

Geringer ist die Hemmung der Ausbildung bei der Thymus, obwohl auch diese bei den Thyreoideatieren zurückbleibt. Histologisch bestehen u. a. Unterschiede in der Ausbildung der Rindenzone, die bei charakteristischen Thyreoidealarven infolge der geringeren Zahl von Lymphocyten erheblich verschmälert ist.

Die Hypophyse bleibt bei den Schilddrüsentieren gleichfalls zurück, und zwar ist insbesondere der Hauptlappen, also der dem Vorderlappen der menschlichen Drüse entsprechende Teil, in Mitleidenschaft gezogen, während der Mittellappen etwas weniger betroffen ist. Das Protoplasma der Zellen des Hauptlappens ist ähnlich wie das der Schilddrüse dieser Tiere, in außergewöhnlichem Maße überladen mit Pigmentkörnchen. Die Epiphysis bleibt dagegen ziemlich groß. Die Geschlechtsdrüsen der Thyreoideatiere sind samt ihrem Anhangsorgan, dem Fettkörper, sehr klein, die Geschlechtszellen unterentwickelt.

In schroffem Gegensatz zu diesen Wirkungen der Thyreoideafütterung wird durch reichliche Verabreichung von Thymus gesteigertes Wachs-

Fig. 8. Wachsplattenrekonstruktion der Schilddrüsen a) einer normalgefütterten Froschlarve, b) eines gleichalten Thyreoideatieres. (100-fache Vergr.)

tum hervorgerufen. Die Tiere wachsen besonders während des ersten Monats erheblich rascher als die Kontrollarven, ohne daß es jedoch bis jetzt gelungen wäre, eigentliche Riesenbildungen — also eine die Norm erheblich überschreitende Größe — zu erzeugen. Gleichzeitig übt die Thymusfütterung auf die Entwicklung einen hemmenden Einfluß aus, der äußerlich besonders dadurch zur Geltung kommt, daß die Extremitäten in Entwicklung und Wachstum stark zurückbleiben, während sich die typischen larvalen Organe wie Kiemen, Tellerdarm, Vorniere übermäßig lange erhalten. Am leichtesten lassen sich diese Erscheinungen dann hervorrufen, wenn mit

[1]) In einer eben erschienenen Arbeit führt auch *Jarisch* (Pflüg. Arch. *179*) den frühen Tod der Thyreoideatiere auf Insuffizienz der Atmungsorgane zurück. Durch Sauerstoffzufuhr konnte *J.* das Leben der Tiere für einige Zeit verlängern.

der Fütterung bereits kurz nach dem Überwachsen der äußeren Kiemen begonnen wird, während die Beeinflussung älterer Tiere oft mißlingt.

Ähnlich wie bei der Schilddrüsenfütterung die Schilddrüsen abnorm klein sind, bleiben bei Thymusfütterung die Thymusdrüsen unter der normalen Durchschnittsgröße (*Kahn* und eigene Versuche). In gesetzmäßiger Weise scheint die Verfütterung innersekretorischer Organe immer eine Unterentwicklung der gleichsinnigen Organe des Versuchstieres zu erzeugen. *Hart* (Berl. klin. Woch. 1920) findet die Schilddrüsen der mit Thymus gefütterten Kaulquappen sehr atrophisch und führt die Wasserspeicherung der Thymuslarven („Myxoedem") auf eine Unterfunktionn der tiereigenen Schilddrüsen zurück.

Bei der noch immer umstrittenen Frage, ob die Thymus überhaupt als innersekretorisches Organ anzusprechen ist, ist es wichtig, zu entscheiden, wie weit die beschriebenen Merkmale mit der Wirkung eines spezifischen Hormones der Drüse in Zusammenhang zu bringen sind. Es liegt nämlich nahe, die Erscheinungen weniger der Wirkung eines Sekretes, sondern gewöhnlichen Ernährungseinflüssen zuzuschreiben, zumal bekannt ist, daß sich z. B. auch durch reichliche Pflanzenkost eine Hemmung der Entwicklung erzielen läßt[1]).

Davon ausgehend konnte ich z. B. auch durch Verfütterung von wasserlöslichen, entfetteten, eiweißhaltigen Extrakten der Drüse, die reich an Nucleoproteiden (wie auch an Nucleohiston) sind, starke Wachstumssteigerung hervorrufen, wobei auffallenderweise die entwicklungshemmende Wirkung ausblieb. Ganz im Gegenteil war sogar eine leichte Beschleunigung unverkennbar. Da sich ein ähnlicher Einfluß aber auch mit den Nucleoproteiden der Schilddrüse erreichen läßt, so braucht diese Wirkung an und für sich nichts Spezifisches zu sein. Auf der anderen Seite ruft die acetonlösliche Fraktion eines Ätherextraktes der Thymus sehr starke Entwicklungshemmung hervor, die ihrerseits wieder mit einer erheblichen Wachstumshemmung verknüpft ist. Da sich das gleiche Resultat auch durch gewöhnliche ungesättigte Fettsäuren und deren Salze (z. B. oleinsaures Natrium) erreichen läßt (*Kniebe*[2]) und in die genannte Thymusfraktion neben anderen Körpern tatsächlich auch reichliche Fettmengen übergehen, so schien auch die Entwicklungshemmung nicht einem besonderen Hormon zuzusprechen zu sein. Die Wirkung der Thymusfütterung schien sich also aus einer Verbindung des Nucleoproteid- und Fettsäureeinflusses erklären zu lassen. In neuen sich über mehrere Jahre erstreckenden Versuchen gelang es mir aber, der frischen Drüse ohne eingreifende chemische Prozesse wie Hydrolyse u. dergl. eine entwicklungshemmende, eiweiß- und fettfreie, jedoch stickstoffhaltige Substanz zu entziehen, die nach ihren chemischen Reaktionen der Gruppe der Amine zuzurechnen ist und vermutlich als vital vorgebildetes Sekret in der Drüse bereitgestellt ist. Dies spricht dafür, daß die bei Thymusfütterung zu beobachtenden Erscheinungen wenigstens zum Teil mit einem spezifischen Hormon der Drüse in Verbindung zu bringen sind. *Abderhalden* berichtet, daß er auch durch völlig verdaute Thymussubstanz die charakteristischen Thymuswirkungen hervorrufen konnte.

Geringer sind bisher die Resultate, die durch Verfütterung von Nebennieren und Geschlechtsdrüsen erzielt wurden; bei der ersteren trat an den Tieren eine auffallend dunkle Pigmentierung hervor. Das Wachstum war dagegen nur wenig beeinflußt. Der Vorderlappen der Hypophyse scheint wachstumsteigernd zu wirken. Eine sehr beträchtliche Wachstumssteigerung konnte ich durch Verfütterung von Parathyreoidea erreichen (vgl. Fig. 9a und b); sie übertrifft an Intensität sogar die bei Verabreichung von Thymus auftretende Wirkung. Bei Einwirkung von Zirbeldrüsensubstanz (vgl. Fig. 10a und b) konnte ich neuerdings neben einer fördernden Wirkung auf das Wachstum eine mäßige Beschleunigung der Entwicklung feststellen.

Fig. 9. Wirkung der Verfütterung von Parathyreoidea. a) normal gefütterte Kontrollarven, b) gleichalte Parathyreoidealarven. (Nat. Gr.)

In einer Reihe von Versuchen wurde von *Gudernatsch* und anderen Forschern ferner der Einfluß einer gleichzeitigen oder aufeinanderfolgenden Einwirkung verschiedener innersekretorischer Organe geprüft. Doch bedarf diese Gruppe von Versuchen noch eines weiteren Ausbaues. Am sichersten ist bis jetzt ein antagonistischer Einfluß der Thymusfütterung auf Thyreoideatiere erwiesen.

Zum Schluß sei noch die Frage gestreift, welche Folgerungen sich aus diesen in Kürze zusammengefaßten Fütterungsversuchen für die physiologische Rolle der tiereigenen innersekretorischen Drüsen hinsichtlich Wachstum und

[1]) In diesem Zusammenhang sei auf die Untersuchungen von *E. Uhlenhut* hingewiesen (Endocrinology Bd. *3*, 1919; hier auch weitere Literatur), die mir erst vor kurzem zugänglich wurden. Nach *Uhlenhut* ruft das Hormon der Thymus bei Fütterungsversuchen an Salamanderlarven eine toxische Wirkung hervor, die sich in tetanischen Zuckungen äußert („tetania parathyreopriva").

[2]) 20, Zeitschr. Biol. im Druck.

Entwicklung ziehen lassen. Denn, daß die genannten Organe schon im Larvalleben wichtige Hormone absondern, dafür spricht u. a. die Beobachtung, daß sie auf bestimmte Organfütterungen mit charakteristischen Strukturveränderungen antworten. Ferner wurden auch bei Exstirpationsversuchen (Hypophysis, Thymus, Epiphysis) an verschiedenen innersekretorischen Drüsen typische Veränderungen festgestellt (*Adler*)[1]).

Die Fütterungsversuche berechtigen meines Erachtens zu dem Schlusse, daß das Hormon der Schilddrüse physiologisch einen entwicklungsbeschleunigenden Einfluß ausübt. Die im Versuch zu beobachtende starke Wachstumshemmung und das Übermaß der Stoffwechselsteigerung steht dagegen mit der abnorm hohen Dosierung im Zusammenhang. In physiologischer Dosis wirkt das Hormon der Schilddrüse wachstumsanregend. Das geht u. a. daraus hervor, daß man tatsächlich durch Verabreichung sehr stark verdünnter Thyreoideaextrakte eine Steigerung des Wachstums

Fig. 10. Wirkung der Verfütterung von Epiphysis. a) normal gefütterte Kontrollarven, b) gleichalte Epiphysislarven. (Nat. Gr.)

erzielen kann, ja sogar bei Einwirkung größerer Dosen läßt sich während der allerersten Tage eine erhöhte Größenzunahme beobachten.

In Übereinstimmung damit trifft man bei schwächlichen Tieren, wie sie sich in jedem Laich auch bei besten Zuchtverhältnissen neben normalentwickelten Larven vorfinden, kleine stark pigmentierte Schilddrüsen, die große Ähnlichkeit mit den atrophischen, stark funktionsgeschwächten Drüsen stark beeinflußter Thyreoideatiere zeigen. Ich werde über diese Befunde, die für die Beziehungen zwischen innersekretorischen Organen und konstitutioneller Anlage von Interesse sind, an anderer Stelle noch eingehender berichten. Andererseits besitzen mittelstark geschädigte Schilddrüsentiere, bei denen die Metamorphose nach meinen Feststellungen bis zu einem Jahr und vielleicht noch länger hinausgeschoben werden kann, ebenfalls kleine stark reduzierte Schilddrüsen. Auch bei Hypophysenexstirpation trifft man nach *Adler* kleine atrophische Schilddrüsen und Hemmung der Metamorphose.

Dementsprechend müßte bei thyreoektomierten Froschlarven die Metamorphose gehemmt sein. Tatsächlich konnte ich auch bei derartigen Kaulquappen eine Verzögerung der Verwandlung feststellen[1]).

Durch die Fütterungsversuche wird ferner Licht auf eine speziell bei Amphibien zu beobachtende Erscheinung, auf die Neotenie, geworfen, worauf auch *Babak* (13/14 Zentralbl. Physiol. *10*) hinwies. Es ist überaus wahrscheinlich, daß das bei der Neotenie zu beobachtende lange Erhaltenbleiben des larvalen Typus mit einer besonderen Beeinflussung gewisser innersekretorischer Organe, sei es durch Ernährungsbedingungen, durch Temperatureinflüsse oder abnorme Veranlagung, in ursächlichem Zusammenhang steht.

Auf die große Bedeutung, die die Fütterungsversuche als Methodik in praktischer Beziehung besitzen, sei nur kurz hingewiesen. Insbesondere haben sie sich als äußerst wertvolles Hilfsmittel bei Versuchen zur Isolierung der Hormone innersekretorischer Drüsen erwiesen, da es mittels des Kaulquappenversuches verhältnismäßig einfach ist, festzustellen, ob in bestimmten Fraktionen von Organextrakten die wirksame Substanz noch vorhanden ist.

[1]) 14, Arch. Ent.-Mech. *39/40*.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Eine bedeutsame Erweiterung des ultravioletten Spektrums nach kurzen Wellenlängen hin ist nach einer im Juliheft des Astrophysical Journal 1920 erschienenen Arbeit *R. E. Millikan* gelungen. Mit den gewöhnlichen Hilfsmitteln der Ultraviolett-Spektroskopie, also mit Quarzspektrographen und photographischen Platten, kann man die Wellenlängen des Lichtes bis ca. 1850 Å photographieren. Licht von kürzeren Wellenlängen entzieht sich dieser Beobachtungsweise, da es vom Quarz, den Luftgasen und der Gelatine der photographischen Platten stark absorbiert wird. Mit Flußspatoptik, Vakuumspektrographen und gelatinefreien Platten erweiterte *Schumann* das der Forschung zugängliche Gebiet bis zu ca. 1200 Å. Den nächsten großen Fortschritt verdanken wir *Lyman*, der einen Vakuumgitterspektrographen benutzte. Hierdurch gewann er die Möglichkeit, alles absorbierende feste Material zwischen der Lichtquelle und der photographischen Platte zu vermeiden, indem er als Lichtquelle eine elektrische Entladung benutzte, die sich in der gleichen verdünnten Gasatmosphäre befand, in der das Gitter und die photographische Platte stehen. Lichtquelle und Spektrograph sind somit in einem einzigen Vakuumgefäß vereinigt. Eine Absorption der Strahlung erfolgt dann nur noch durch die verdünnte Atmosphäre des Gases. Bei geeigneter Wahl desselben, z. B. durch Benutzung von Helium, drang *Lyman* so bis 500 Å vor. *Millikan* vermeidet nun auch noch diese

[1]) Leider habe ich meine operierten Tiere 1914 einige Zeit nach Kriegsausbruch getötet, so daß ich gegenüber den Kontrollarven, die alle metamorphosierten, nur eine zweimonatige Verzögerung der Verwandlung feststellen konnte. Voraussichtlich ist sie erheblich größer.

Gasabsorption, er arbeitet im vollkommensten Vakuum und benutzt als Lichtquelle eine Kapazitätsentladung sehr hoher Spannung zwischen 2 einander nahe gegenüberstehenden Metall- oder Kohleelektroden. Durch die hohen Momentanstromstärken dieser Entladungsform verdampft das Elektrodenmaterial und umgibt die eigentliche Funkenstrecke als Aureole. In der weiteren Umgebung aber bleibt das Vakuum in alter Güte erhalten. Auf diese Weise wurden Zink, Eisen, Silber, Nickel und Kohle untersucht und eine große Zahl neuer, im extremen Ultraviolett liegender Linien festgestellt. *Die kürzeste beobachtete Wellenlänge von 202 Å* ergab die Untersuchung des Nickels. Genauer wurde bisher nur das von Kohleelektroden ausgesandte Licht durchgemessen. Neben vielen im extremen Ultraviolett liegenden Linien wurden zwischen 1200 Å und 600 Å eine Reihe von Linien beobachtet, die *Lyman* bei einer kapazitiven Entladung in Helium schon beobachtet hatte und als Heliumlinien beschrieben hatte. *Millikan* dagegen schreibt diese Linien dem Kohlenstoffatom zu, da er im langwelligen Ultraviolett bei seiner Anordnung nur Kohlelinien und keine Heliumlinien entdeckt. *Lymans* Resultat erklärt er durch Verunreinigung des Heliums mit Kohlendampf, hervorgerufen durch momentane Verdampfung des Elektrodenmaterials. Die kurzwelligste, von *Millikan* im Kohlespektrum beobachtete Linie hat eine Wellenlänge von 360,5 Å. Er deutet sie als Grenze der *L*-Serie des Kohlenstoffatoms und versucht das durch verschiedene Extrapolationsmethoden aus den *L*-Serien schwerer Elemente zu beweisen. — Diese Auffassung dürfte sich jedoch als vollkommen unhaltbar erweisen. Das *L*-Niveau ist bei der Kohle mit der Atomnummer 6 die äußerste Schale des Atoms, und *Millikans* Aussage würde bedeuten, daß die Grenze der normalen Absorptionsserie des Kohlenstoffdampfes bei 360 Å läge, oder umgerechnet auf die Ionisierungsspannung ergäbe sich für dieselbe der Wert von 34,3 Volt. Beide Werte sind ganz unmöglich. Die *L*-Serie liegt bei viel längeren Wellenlängen. Um eine ungefähre Zahl anzugeben, sei vermerkt, daß man aus den Extrapolationen von *Kossel* den Wert von ca. 1750 Å entnehmen kann. Die Wellenlänge 360 Å liegt schon ganz in der *K*-Serie der Kohle und könnte etwa K_β entsprechen. Natürlich ist auch diese Annahme völlig unsicher, solange nicht die übrigen Linien des Spektrums gedeutet und in Serien geordnet sind. Z. B. können Funkenspektren höher aufgeladener Ionen ebensogut Wellenlängen dieses Bereiches ergeben. Abgesehen davon, wie diese Spezialfrage sich entscheiden wird, ist die Leistung *Millikans*, welche das der Spektroskopie zugängliche Wellenlängenbereich um mehr als eine Oktave erweiterte, für die Kenntnis des Atombaues eine ungeheuer wichtige Tatsache. *J. Franck, Berlin-Dahlem.*

Der Verbrennungsvorgang in der Ölmaschine. (*Otto Alt*, Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure *64*, S. 637, 1920.) Die zurzeit technisch vollkommenste Wärmemaschine, der Dieselmotor, ist bei einem thermischen Wirkungsgrad von nahezu 40 % von dem Ideal einer reversibel arbeitenden Maschine mit maximalem Nutzeffekt weit entfernt. An wirksame Verbesserung kann erst gedacht werden, wenn die physikalisch-chemischen Prozesse im Arbeitszylinder genau erkannt sind.

Bekanntlich wird der Ölmaschine mittels Brennstoffpumpe Brennstoff in dosierbarer Menge zugeführt. Das Öl tritt in die durch den Kompressionshub des Viertaktes auf 30 bis 40 at und 500 bis 700° C. gebrachte Luft des Verbrennungsraumes, zerstäubt, vergast, entzündet sich und verbrennt unter Arbeitsleistung gegen den zurückweichenden Kolben.

Das Einblasen des Brennstoffes erfordert nach dem von *Diesel* selbst ausgearbeiteten Verfahren einen besonderen von der Steuerwelle der Maschine betriebenen Luftkompressor, der nach dem Prinzip des Dampfstrahlinjektors mit etwa 30 at Überdruck das Brennöl fördert. Es ist offenbar von ökonomischem Wert, den Kompressor entbehrlich zu machen. Man versuchte zuerst mit der Brennstoffpumpe allein „Druckeinspritzung" zu bewirken. Hierzu muß ein Druck von mindestens 300 at ausgeübt werden. Abgesehen von den Schwierigkeiten der Abdichtung der Ventile und der hohen Beanspruchung des Materials erweist sich dieses Verfahren als ungeeignet zur feineren Regulierung bei wechselnder Belastung. Dazu kommt der Nachteil, daß der Brennstoff nicht den zu seiner vollständigen Vergasung notwendigen Dispersitätsgrad erreicht. Einen wesentlichen Fortschritt wenigstens für Maschinen kleiner Leistung und Zylinderzahl bedeutet demgegenüber die Einspritzung durch adiabatische Vorzündung eines Teiles des zugeführten Brennstoffes in einer besonderen mit dem Arbeitszylinder kommunizierenden Retorte (D. R. P. *Steinbecker*) derart, daß die auspuffenden Explosionsgase das übrige Treiböl mitreißen.

Was nun die Vergasung anbetrifft, so hängt sie außer von der durch die Viskosität bedingten Verteilung des Brennöls von seinen chemischen Eigenschaften im engeren Sinne ab. Mit dem Übergang in den Gaszustand beginnt die Aufspaltung der Kohlenwasserstoffe in einfachere Komplexe und oberhalb mit dem Druck veränderlicher Grenztemperaturen ihr Zerfall unter Abscheidung von Kohle. Diese Rußbildung kann trotz Überschusses von Sauerstoff nicht immer vermieden werden, ohne daß der geringe Dampfdruck des elementaren Kohlenstoffes für seine Indifferenz eine hinreichende Erklärung bietet. Hier besteht das Bedürfnis zu eingehenderem Studium der chemischen Vorbedingungen für die Verbrennung an der Ölmaschine selbst.

Die unter Wärmeabsorption verlaufenden Vorgänge verknüpfen sich bei Temperaturen von 400 bis 600° C mit selbsttätiger Entflammung, mit der die arbeitleistende Verbrennung einsetzt, d. h. die Umlagerung der dissoziierten Kohlenwasserstoffe zu Kohlenoxyd, Kohlensäure und Wasser. Von den späteren Phasen der Verbrennung, die sich in der Zeit von weniger als $^5/_{100}$ Sek. während des Arbeitshubes in dem in turbulenter Bewegung begriffenen, von Schall- und Stoßwellen erregten und sich zugleich abkühlenden Reaktionsgemisch abspielt, kann man im einzelnen noch keine Rechenschaft ablegen.

Der Verfasser vermißt bei Erforschung technischer Probleme die Zusammenarbeit des Physikers und des Chemikers mit dem Ingenieur, ihre Verbindung ist notwendig und verspricht reichen Erfolg.

Wir werden diesem Wunsche ohne Vorbehalt beistimmen. Indessen ist doch auch in der Vergangenheit schon Dankenswertes geleistet worden. Insbesondere sei hier auf die vorzügliche auch vom Verfasser zitierte Arbeit von *E. Weißhaar*[1]) hingewiesen, in der die Energiebilanz des Dieselmotors eingehend untersucht worden ist. *H. Cassel.*

Stickstoff in Wirtschaft und Technik. (Vortrag von Professor Dr. *Carl Bosch*, gehalten auf der

1) Forschungsarbeiten Heft 203, 1918.

86. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte am 20. September 1920 in Bad Nauheim.) Die Stickstoffverbindungen verdanken ihre wirtschaftliche Bedeutung in erster Linie ihrer umfangreichen Verwendung in der Landwirtschaft, die etwa $^4/_5$ derselben verbraucht. Der Rest verteilt sich auf die Industrien, und zwar in der Hauptsache auf die chemische Industrie (Sprengstoff-, Teerfarben- und pharmazeutische Industrie) und zu geringeren Teilen auf die Kälteindustrie, Textil-, Metall- und elektrische Industrie usw. Als Stickstoffquellen kamen, abgesehen von den Produkten des organischen Lebens, seit Anfang des vorigen Jahrhunderts der *Guano* und vor allem das Vorkommen des Chilesalpeters in Frage. Von letzterem hat Deutschland vor dem Kriege etwa 800 000 Tonnen jährlich eingeführt. Chilesalpeter war für die chemische Industrie das einzige Ausgangsmaterial für Salpetersäure und die hiermit hergestellten zahlreichen Stickstoffprodukte. Als weitere Stickstoffquelle kam dann das Ammoniak der Kokereien und Gasfabriken hinzu, das entweder als Ammonsulfat oder als sogenannter Salmiakgeist in den Handel kommt.

Von den wissenschaftlichen Anläufen zur Bindung von atmosphärischem Stickstoff, die praktisch Bedeutung erlangt haben, sind zuerst die sogenannten Luftsalpeterverfahren von *Birkeland-Eyde* und von *Schönherr* (Bildung von Stickoxyd im elektrischen Lichtbogen) zu nennen, die gemeinsam in Norwegen ausgebeutet werden. Als zweites in großem Umfange entwickeltes Verfahren kommt das Kalkstickstoffverfahren von *Frank* und *Caro* in Betracht, wonach durch Erhitzen von Calciumkarbid im Stickstoffstrom Calciumcyanamid hergestellt wird. Letzteres ist unter dem Namen Kalkstickstoff als Düngemittel im Handel, kann aber auch durch Verseifung in Ammoniak usw. überführt werden. Auf diesem Verfahren hat sich im In- und Ausland eine gewaltige Industrie aufgebaut. Neben einigen Ansätzen, die bisher wirtschaftlich noch keine Rolle spielen, wie das Serpeckverfahren und das Verfahren über Barium und Natriumcyanid, bleibt als letztes großes industrielles Verfahren das sogenannte Hochdruckverfahren der Badischen Anilin- und Sodafabrik.

Haber hat bei seinen Versuchen bei hohen Drucken die Bildung von Ammoniak aus Stickstoff und Wasserstoff und die Möglichkeit der Abscheidung von Ammoniak in flüssiger Form gezeigt und fand im Osmium und Uran gut wirkende Katalysatoren. Im Jahre 1908 hat die Badische Anilin- und Sodafabrik auf Grund dieser ermutigenden Versuche begonnen, die Brauchbarkeit dieses Verfahrens für technische Zwecke zu studieren. Hierbei ergaben sich sehr große Schwierigkeiten, die zu erwarten waren, und die ersten großen Versuche mit Osmium fanden durch eine Explosion des Kontaktapparates ihr Ende. Es zeigte sich, daß der Apparat jede Festigkeit verloren hatte und daß das Osmium vollständig aufgelöst und zu Osmiumsäure oxydiert war.

Da auch das Uran in der Praxis große Schwierigkeiten zeigte, so mußte einmal ein neuer Katalysator gefunden werden und schließlich die zerstörende Wirkung der Gase auf das Eisen ausgeschaltet werden. Zu diesem Zwecke wurden umfangreiche Versuchseinrichtungen aufgestellt und eine eigene Spezialwerkstätte für Hochdruckapparaturen eingerichtet. In fast zwei Jahren wurde die zerstörende Wirkung des Wasserstoffs auf Stahl und andere Metalle eingehend untersucht, bis es gelang, durch besondere Konstruktionen Apparate herzustellen, die bei den in Frage kommenden Drucken und Temperaturen unveränderlich und nach menschlichem Ermessen gefahrlos sind. In vielen Tausenden von Einzelversuchen wurde schließlich auch im Eisen, in besonderer Zubereitung und in Gegenwart bestimmter Substanzen, ein guter Katalysator gefunden.

Neben der Lösung dieser wichtigen Fragen mußte die Wasserstoffbeschaffung eingehend studiert werden. Elektrolytischer Wasserstoff, der an billige Wasserkraft gebunden ist, kam nicht in Frage, und da das sogenannte Eisenverfahren unreineren Wasserstoff lieferte als das Lindeverfahren (Ausfrieren von Wassergas mit flüssiger Luft), so wurde zunächst das letztere Verfahren für eine Versuchsanlage angewandt. Der so hergestellte Wasserstoff enthielt noch Verunreinigungen, vor allem Schwefel und Kohlenoxyd, die für den Eisenkontakt sehr schädlich sind und deshalb entfernt werden mußten. Das Kohlenoxyd wurde schließlich bei gewöhnlicher Temperatur und einem Druck von 200 Atmosphären durch Waschen mit einer Kupferoxydullösung entfernt. Nach diesen Arbeiten konnte die erste größere Versuchsanlage in Oppau in Betrieb genommen werden.

Das Problem der Wasserstoffherstellung wurde weiter verfolgt und nach jahrelangen Arbeiten wurde im Eisenoxyd bzw. Eisen, in bestimmter Zubereitung, ein Katalysator gefunden, der beim Überleiten von Wassergas (bestehend aus gleichen Teilen Wasserstoff und Kohlenoxyd) mit Wasserdampf gemischt bei etwa 400—500 ° eine Reaktionsverschiebung in dem Sinne herbeiführt, daß ein Wasserstoff-Kohlensäure-Gemisch mit nur noch 1 bis 2 % Kohlenoxyd erhalten wird. Wenn man schließlich dem Wassergas-Dampf-Gemisch noch Koksgeneratorgas (bestehend aus Kohlenoxyd und Stickstoff) in bestimmten Mengen zusetzt, so erhält man ein Endgas, in dem Stickstoff und Wasserstoff in dem notwendigen Verhältnis 1 : 3 enthalten ist. Aus diesem Gasgemisch werden durch Waschen mit Wasser bei etwa 25 Atmosphären die Kohlensäure und dann durch Waschen mit Kupferoxydullösungen bei etwa 200 Atmosphären die letzten Reste Kohlenoxyd entfernt. Der eigentliche Ammoniakprozeß geht im Kreislauf vor sich, indem das gebildete Ammoniak mit Wasser entfernt und Frischgas zugeführt wird. Das Endprodukt ist eine 25proz. Lösung von Ammoniak in Wasser.

Die Anlagen der Badischen Anilin- und Sodafabrik in Oppau und Merseburg werden nach ihrem Ausbau jährlich 300 000 Tonnen Stickstoff produzieren.

Aus Ammoniak wird als Hauptprodukt durch Umsetzen von Gips mit Ammoniak und Kohlensäure *schwefelsaures Ammoniak* hergestellt. Gleichwertig ist das *Ammoniumchlorid*, das nach einem dem Ammoniaksodaprozeß nachgebildeten Verfahren gewonnen wird.

Die Überführung von Ammoniak in Salpetersäure durch Oxydation von Ammoniak, die von *Ostwald* mit Platin als Katalysator ausgeführt wurde, hat die Badische Anilin- und Sodafabrik derart ausgearbeitet, daß heute ein Eisenoxydkontakt in sehr großen Einheiten Verwendung findet. Die hierbei erhaltenen Nitrosengase werden in großen Reaktionstürmen mit Wasser bzw. Sodalösungen berieselt, wobei Salpetersäure bzw. Natronsalpeter erhalten wird. Die hierbei gewonnene, etwa 50proz. Salpetersäure wird in besonderen Apparaten mit Schwefelsäure konzentriert. Zurzeit wird in Deutschland alle Salpetersäure durch Oxydation von Ammoniak hergestellt.

Neben Natronsalpeter wird, von Ammonsalpeter ausgehend, noch *ein Mischdünger* (Umsetzen von Ammonsalpeter mit Chlorkali), ferner ein Doppelsalz aus Ammonnitrat und Ammonsulfat hergestellt. Von besonderer Bedeutung dürfte der *synthetische Harnstoff* werden, dessen industrielle Herstellung direkt aus Kohlensäure und Ammoniak nach jahrelangen Versuchen der Badischen Anilin- und Sodafabrik gelungen ist. Eine Anlage zu seiner Herstellung ist im Bau.

Die vorstehend geschilderte Stickstoffindustrie ist durch den Krieg in besondere Bahnen gelenkt und in ihrer Entwicklung erheblich beschleunigt worden. Sie spielt heute nicht nur im In-, sondern auch im Ausland eine ganz bedeutende Rolle, wobei betont sei, daß diese großen neugeschaffenen Industrien, mit Ausnahme der norwegischen Unternehmungen, Produkte deutscher Wissenschaft und deutscher Arbeit sind.

Schw.

Zerstörung von Beton durch Kalktonerdesulfat. Es ist schon lange bekannt, daß Portlandzement beim Zusammentreffen mit Gipslösung starke Zerstörungen erfährt, deren Ursache jedoch bisher nicht ergründet war. Es steht heute fest, daß diese Zerstörungen der Bildung von kristallisiertem Kalktonerdesulfat zuzuschreiben sind. Dieses Salz, das bereits im Jahre 1883 von *Michaelis* in reinem Zustande dargestellt wurde, entsteht stets beim Zusammentreffen von Kalkwasser, gefällter Tonerde und irgendeinem schwefelsauren Salze. Seine zerstörende Wirkung auf Zement und Beton beruht darauf, daß durch Einwirkung schwefelsaurer Salze in wässeriger Lösung dem Zement Kalk und Tonerde entzogen werden und daß ferner bei der Kristallisation des Kalktonerdesulfates ein sehr starker Druck entsteht, der den Mörtel sprengt, sobald die Hohlräume nicht mehr genügend Raum zur Aufnahme der Salzkristalle bieten. Obwohl diese Erkenntnis bereits über 25 Jahre alt ist, so gelang es doch erst in jüngster Zeit, in zerstörtem Zementmörtel oder Beton das Kalktonerdesulfat wirklich nachzuweisen. Das genannte Salz hat ähnliche Eigenschaften wie ein Bazillus und hat darum auch den Namen „Zementbazillus" erhalten. Nachdem nun das Kalktonerdesulfat als Treibkörper erwiesen ist, kann man, wie Dr.-Ing. *Nitzsche* in der Zeitschrift für angewandte Chemie 1919, Bd. *I*, S. 21—24, berichtet, durch Herstellung von Reinkulturen sehr rasch den Aggressivitätsgrad eines sulfathaltigen Wassers ermitteln, während man in der Praxis bisher nur durch sehr langwierige Versuche (Einlagern von Prüfkörpern in das zu untersuchende Wasser) ein Bild von der Angriffskraft eines Wassers erhalten konnte. Diese Reinkulturversuche ergeben eine gute Übereinstimmung zwischen dem Laboratoriumsversuch und den Erfahrungen der Praxis, zumal sich die Kristallbildungen der Reinkulturen ihrer Stärke nach scharf kennzeichnen und auch zahlenmäßig festlegen lassen. Der Hauptwert dieses neuen Verfahrens liegt darin, daß die Ergebnisse bereits nach wenigen Tagen zu ersehen sind und langwierige Tauchversuche entbehrlich machen. Auch die Form der erhaltenen Kristallnadeln zeigt völlige Übereinstimmung bei dem Reinkulturversuch sowie bei einem Dauerversuch mit einem Mörtelprüfkörper in demselben Wasser. Ferner konnte auf diese Weise einwandfrei nachgewiesen werden, daß die frühere Vermutung der schädlichen Wirkung von Meerwasser auf Zement irrig ist, da sich in Meerwasser das Kalktonerdesulfat nicht bilden kann. Betonzerstörungen in Meerwasser sind daher auf andere Ursachen zurückzuführen. Dagegen sind Zerstörungen von Zement und Beton durch Grund-, Moor-, Sicker- und Abwässer meist auf die Bildung des Zementbazillus zurückzuführen.

Da auch Wässer mit geringem Sulfatgehalt bei längerer Einwirkung Zerstörungen hervorrufen, so ist der Untersuchung der Untergrundverhältnisse viel mehr Beachtung zu schenken als bisher, zumal nicht nur das Grundwasser, sondern auch die umlagernden Bodenschichten Betonzerstörungen verursachen können.

Zur Verhütung dieser Zerstörungen kann man die Bauwerke entweder durch entsprechende baukonstruktive Maßnahmen oder durch Anbringung wasserdichter bituminöser Anstriche schützen, ferner durch Verwendung von kalkarmem Hochofenzement oder tonerdefreiem Erzzement, durch kieselsäurereiche Zuschläge (Traß, Ziegelmehl, granulierte Hochofenschlacke) und andere Stoffe. *S.*

Über Hautzeichnung bei Säugetieren infolge des Haarkleidwechsels. (Vortrag von *K. Toldt jun.*, Wien, auf der Naturforscherversammlung 1920). An der Innenseite der ausgebreiteten, rohen Haut von kleinen und mittelgroßen Säugetieren finden sich mitunter auffallende, meist symmetrische Zeichnungen, die durch dunkle Stellen an der im übrigen lichten Hautinnenseite zustande kommen und sich meistens nicht mit der Oberflächenzeichnung des Haarkleides decken; auch sind sie vom Haarstrich unabhängig. Solche natürliche dunkle Hautverfärbungen werden auf dreierlei, leicht unterscheidbare Weise hervorgerufen, entweder durch lokal stärkere Ansammlungen von Pigment in der Epidermis oder im Corium oder durch dicht beisammen in der Haut steckende pigmentierte Haarwurzeln. Über das Vorkommen der ersten zwei Zeichnungsarten bei Primaten mit Berücksichtigung der Verhältnisse beim Menschen enthält eine Arbeit im Zool. Jahrb. Abt. f. System. Bd. 35, Jena 1913, Näheres. Das Wesen der hier zu besprechenden dritten Art, der „indirekten Hautzeichnung" oder *Mauserzeichnung*, beruht zunächst darauf, daß die Wurzeln von farbigen Haaren bzw. Haarstrecken, solange diese im Wachstum begriffen sind, selbst gefärbt sind, während sie, wenn die Haare ausgewachsen sind, meistens farblos erscheinen. Im ersteren Fall schimmern die schräg und tief implantierten Wurzeln auf der Hautinnenseite bläulich, schwärzlich oder bräunlich durch, und diese erscheint daher hier dunkel. An den lichten Hautstellen finden sich dagegen ausgewachsene farbige oder lichte Haare oder allenfalls im Wachstum begriffene lichte Haare. Wenn ein gezeichnetes Haarkleid, z. B. bei neugeborenen Katzen oder bei langhaarigen Meerschweinchen im ganzen wächst, so erscheint die Hautinnenseite in der gleichen Weise gezeichnet wie die Felloberfläche.

Ein zweiter wichtiger Umstand bei der Mauserzeichnung ist, daß der Haarwechsel meistens nicht am ganzen Körper gleichzeitig vor sich geht, sondern an einzelnen Stellen früher als an andern. Dieser Verlauf ist bei den verschiedenen Säugetierarten ein sehr verschiedener, innerhalb der einzelnen Art aber oft typischer. Bald geht er von einem, bald von mehreren Zentren aus. Diese Verhältnisse sind noch sehr wenig erforscht. Die Mauserzeichnung scheint überhaupt noch nicht wissenschaftlich behandelt worden zu sein, obwohl sie den Rauhwarenkundigen bekannt ist; sie ist aber für das Studium des Haarkleidwechsels sehr wertvoll, weil sie den Beginn des Haarwachstums frühzeitig anzeigt und die Wechselstellen übersichtlicher und schärfer umgrenzt als es am Felle ersichtlich ist.

Bei einer größeren Zahl von Fellen einer Säugetierart ergibt sich oft eine Reihe sich ergänzender Mauser-

bilder, indem die bei einem Felle dunkeln Hautstellen bei einem anderen licht sind und umgekehrt. Man findet aber keineswegs bei einer Art zur gleichen Zeit und in derselben Gegend stets die gleichen Bilder. Das kommt hauptsächlich daher, daß die Jungen je nach ihrer Geburtszeit zu verschiedener Zeit mausern, ferner, weil die jeweiligen Lebensbedingungen, die Konstitution des Individuums u. dgl. auf die Mauser von Einfluß sind. Ferner gibt es Arten, bei denen der Haarkleidwechsel überhaupt individuell sehr variabel zu sein scheint; besonders bei kultivierten Tieren, wie auch beim Menschen, findet bekanntlich vielfach überhaupt kein allgemeiner Haarwechsel statt, doch ließen sich vielleicht auch bei solchen noch Andeutungen der periodischen Mauser auffinden. Jedenfalls aber gibt es Arten, bei welchen wenigstens die Herbstmauser im allgemeinen konstant vor sich geht. Die Frühjahrsmauser dürfte oft von der Herbstmauser verschieden verlaufen, mitunter vielleicht in entgegengesetzter Richtung; auch kommt, wie es scheint, manchmal eine Vor- und Nachmauser vor. Ferner ist der Wechsel des Jugendkleides zu beachten. Mitunter, z. B. bei Hauskaninchen, finden sich ganz eigenartige Bilder (Wappen- oder Lyramuster, z. T. mit lichten, schwarzen und braunen Tönen gezeichnet). Das ist namentlich der Fall, wenn die Haare der Länge nach verschieden gefärbt sind; je nachdem, welche von den verschiedenfarbigen Strecken gerade in der Haut im Wachstum begriffen sind, erscheint diese entsprechend gefärbt. Die Hautzeichnung gibt also jeweils die Färbung des Felles in seinen einzelnen Tiefen wieder. Im allgemeinen ist noch zu berücksichtigen, daß das Haarwachstum an langhaarigen Fellstellen naturgemäß länger dauert als an kurzhaarigen.

Einzelheiten der Mauserzeichnung, wie z. B. das allmähliche oder das auf einen schmalen Randstreifen beschränkte Fortschreiten der Wechselgebiete, das Aneinanderstoßen von solchen, die Bildung von Längsstreifen aus Längsflecken an den Flanken u. dgl., sind bei Vergleich mit der Fellzeichnung von Interesse. Ausgedehntere Untersuchungen an entsprechendem Material lassen ferner verhältnismäßig leicht Aufschlüsse in verschiedener Hinsicht erwarten, so zunächst über biologische Verhältnisse (Einfluß der Lebensbedingungen, namentlich der Temperatur usw. auf den Haarkleidwechsel), über Färbungsvarianten am Felle, hinsichtlich des Auftretens der Schekkung sowie, im Zusammenhang mit den anderen Hautzeichnungen, über allgemeine Wachstumsverhältnisse der Haut. Endlich wäre die gleichfalls symmetrisch und bei den einzelnen Arten verschieden verlaufende Mauser bei den Vögeln, das ontogenetisch erste Auftreten der Säugetierhaare, der Vogelfedern und der Reptilienschuppen am Körper usf. zu vergleichen. (Ein kurzer vorläufiger Bericht über diese aus dem Legate *Wedel* der Akademie der Wissenschaften in Wien unterstützten Untersuchungen ist im Anzeiger dieser Akademie, math.-naturw. Klasse, Nr. 23, 1919, erschienen, ein ausführlicherer in den Verhandl. d. zool.-botan. Gesellschaft in Wien, Bericht der Sektion f. Zoologie, im Druck.) *Autoreferat.*

Astronomische Mitteilungen.

In Nr. 5060 der Astr. Nchr. veröffentlicht *Wirtz* die Ergebnisse einer Untersuchung **Über die Bewegung der Sterne 11. Größe**, die besondere Beachtung verdienen, da die untersuchten Eigenbewegungen (EB) sich als von bemerkenswerter Güte erweisen. Die von *Wirtz* untersuchten EB wurden von *Kapteyn* und *van Rhyn* aus Platten abgeleitet, die auf der Kapsternwarte aufgenommen wurden. (Publ. Groningen Nr. 28, 1918.) Die Aufnahmen erstrecken sich auf 24 längs des Parallels —45° im Durchschnittsabstand von einer AR.-Stunde verteilte Gegenden. Nach Ausschluß der Sterne heller als 8^m, unsicherer kleiner und extremer großer Werte bleiben von 2380 EB für die Untersuchung 539 Sterne. Ihre mittlere Erngröße ist $10^m 7$. Zunächst bestimmt *Wirtz* nach der Airyschen Methode den Apex der Sonnenbewegung, wozu er die Eigenbewegungen jeder Platte für sich zu Mittelwerten vereinigte, die er dann der Ausgleichung unterwarf. Für die einzelnen Platten, d. h. ihre EB-Mittelwerte, leitet er Parallaxen nach der Kapteynschen Formel ab. Weder die mittlere Sterngröße noch die totalen EB, noch die Parallaxen zeigen einen auffälligen Zusammenhang mit der galaktischen Breite. Die gemeinsame Ausgleichung der beiden Arten Airyscher Gleichungen liefert den Apex zu $A = 276°,3$, $D = +39°,4$, von welchem Wert die durch getrennte Ausgleichung erhaltenen Apexkoordinaten sich nur wenig unterscheiden. Die mittleren Fehler bleiben beide Male klein. Eine erneute Ausgleichung unter Mitnahme eines etwa eingehende konstante Beobachtungsfehler aufnehmenden Gliedes spricht mit ihrem Ergebnis gegen solche Fehler. Trennung der EB in 3 Gruppen nach galaktischer Breite scheint für zunehmende galaktische Breite abnehmende AR-Werte des Apex anzudeuten. Mit der Campbellschen Sonnengeschwindigkeit 19,5 km/sec ergibt sich aus der Gesamtausgleichung für $m = 10,7$ eine mittlere Parallaxe $\pi_m = 0,''0071$, in bester Übereinstimmung dazu die Kapteynsche Formel $\pi_m = 0,''0069$. Der angegebene Apex wird auch nur wenig modifiziert, wenn die ermittelten Entfernungen für die Einzelnen EB-Mittelwerte berücksichtigt werden, ebensowenig wie, wenn aus den primär bestimmten relativen EB ein Apex bestimmt wird. Nach der Schwarzschildschen Methode untersucht lieferten die EB den Apex $A = 282°,8$, $D = +27°,5$, den Vertex der Sternströmung $A = 259°.7$, $D = —13°,5$. Auch dieser Apex stimmt mit dem ohne Rücksicht auf systematische Bewegungen erhaltenen recht gut überein.

Für den Parallel +42° lag ähnliches EB-Material vor, das von *Kapteyn* und *Weersma* aus Platten, die in Helsingfors aufgenommen worden waren, abgeleitet war. Die gleichen Untersuchungen stellte *Wirtz* an diesen EB an, ohne aber daß die erhaltenen Apexresultate — besonders in Dekl. — recht befriedigten. Eine Beschränkung der Untersuchungen auf größere EB zeitigte erst Werte, die sich mit den bekannten Apexwerten gleichstellen ließen.

Ist n die Zahl der Sterne, deren EB der Bedingung $\mu \leq 0'',030$ genügen und N die Gesamtzahl der auf jeder Platte gemessenen EB, dann wächst das Verhältnis n/N mit zunehmender galaktischer Breite, worin sich die Tatsache ausdrückt, daß die betrachteten Sterne innerhalb der Milchstraße weiter von der Sonne abstehen als an den Polen der Milchstraße. Nach diesen erschöpfenden Untersuchungen kann *Wirtz* mit Recht sagen, „daß dem Kapstadt-Groningen-EB-Material ein hoher Grad von Genauigkeit und kosmischer Homogenität innewohnt“. *W. Keil.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 45. (Seite 871—894) **5. November 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Die moderne Entwicklung der Unterwasserschalltechnik in Deutschland. Von *W. Hahnemann* und *H. Lichte, Kiel.* (Mit 12 Abbildungen.) S. 871.

Geschlecht und Zellstruktur. Von *S. Gutherz, Berlin.* (Mit 6 Abbildungen.) S. 878.

Besprechungen:

Meyer, Arthur, Morphologische und physiologische Analyse der Zelle der Pflanzen und Tiere. 1. Teil. Von *Fritz Jürgen Meyer, Braunschweig.* S. 889.

Physiologische Mitteilungen. S. 889—892.

Die Beurteilung der indischen Mond- und Raogoonbohnen. Körperliche Veränderungen im Gefolge von Gemütsbewegungen. Ueber Eigenblutinfusion. Die Wirkungen des Schilddrüsenhormons. Die Grundlagen der Geruchschemie. Das Schicksal des Streptococcus haemolyticus im Magendarmkanal. Die Grundirrtümer der heutigen Rassenhygiene. Kriegsjahre in Dänemark und in der Schweiz, verglichen mit Deutschlands Kriegssterblichkeit. Malariabekämpfung beim Palästinafeldzug.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 892-894.

Die deutsche wissenschaftliche Kommission für Meeresforschung. Internationale Kommission zur wissenschaftlichen Erforschung des Mittelländischen Meeres. Die Gezeitenerscheinungen in der Adria. Zur Frage der wirtschaftlichen Ausnutzung der Brennstoffe. Die Entdeckung des Broms Ueber einen Erdrutsch im Fläming.

Ein gutes Buch: Das beste Festgeschenk!

Vor kurzem erschien:

Geschichte der organischen Chemie

Erster Band

von

Professor Dr. **Carl Graebe**

Geheimer Regierungsrat, Frankfurt a. M.

Preis M. 28.—; gebunden M. 41.60 (und Sortimentszuschlag)

Aus den Besprechungen:

. . . . . Wir haben in Graebes Geschichte der organischen Chemie ein Werk erhalten, das auf tiefgründigen Studien, auf eigenen Erlebnissen und auf echter Sachlichkeit aufgebaut ist. Nirgends merkt man etwas von einseitiger Stellungnahme, und so warmherzig Graebe sein Thema vorträgt, überall hat er das Für und Wider genau abgewogen und sich immer bemüht, gerecht zu sein. Er hat, wie auch Edv. Hjelt, als wirklicher Historiker eben über den Ereignissen gestanden und nie dem Gefühle und persönlichem Empfinden die Herrschaft über den Verstand oder über die Gerechtigkeit gegeben, ganz im Gegensatz zu M. Delacre, dessen jüngst erschienene Histoire de la Chimie denn auch von Edm. O. von Lippmann treffend eingeschätzt wurde. Graebes Buch sei allen Chemikern wärmstens empfohlen, besonders aber der studierenden Jugend. Man kann eine Wissenschaft nur dann voll und ganz verstehen, wenn man ihre Geschichte kennt. Wie atmete der Strebende seinerzeit auf, als ihm die grundlegenden Abhandlungen mit den nötigen Kommentaren in Ostwalds Klassikern erschlossen wurden. Durch Graebes Geschichte der organischen Chemie hat es die heutige Generation noch viel leichter, sie findet das Wesentlichste anregend, klar und sachlich, gleich in die großen Zusammenhänge eingereiht, vor. Möchte das wertvolle, würdig ausgestattete Buch recht viel und fleißig gelesen werden! *(„Naturwissenschaften", Heft 40, 1920.)*

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztewelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.
Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G.m.b.H. & Cie., CÖLN a. Rh.

ISIS

International Quarterly Devoted to the History of Science and Civilization

Edited by
George Sarton and Charles Singer

Jede Nummer enthält einen Leitartikel, Originalbeiträge, kürzere Mitteilungen, einen Ueberblick über die wichtigsten Bücher und hauptsächlich eine kritische Bibliographie der Publikationen auf den Gebieten der Geschichte und Philosophie der Wissenschaft und über Kulturgeschichte.

Bücher und Zeitschriften über Medizin und Biologie sind zu senden an Charles Singer, Westbury Lodge, Oxford, England; alles übrige an George Sarton, Harward University, Cambridge, Mass., U. S. A.

Preise: Bd. I M. 75.—, Bd. II M. 45.—, Bd. III M. 45.—; Luxusausgabe von Bd. II an je M. 75.—

Diejenigen, die an einen neuen Aufbau internationaler kultureller Beziehungen glauben, sollten auf die „Isis" subskribieren.

Verlag **Paul Haupt** Akadem. Buchhandlung **vorm. Max Drechsel** **Bern**

Mineralien, Kristalle und Gesteine
Spez. vogtl. und sächs. Vorkommen
offeriert preiswert und in reicher Auswahl
Mineralien-Niederlage A. Jahn
Plauen i. V., Oberer Graben 9
Preisliste gratis.

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope
Gg. Leisegang Berlin | *Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr. Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)*

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Die quantitative Grundlage von Vererbung und Artbildung

Von

Prof. Dr. **Richard Goldschmidt**
(Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie, Berlin-Dahlem)

Mit 28 Abbildungen im Text

(**Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik der Organismen** Herausgegeben von **Wilhelm Roux**, Heft 24)

Preis M. 38.— (und Sortimentszuschlag)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Anschaffung des (225)
Handwörterbuchs der Naturwissenschaften
10 Bände in Halbfranz 1200 Mk., Auslandspreis 3000 Mk., erleichtert durch Verteilung des Betrages auf mehrere Jahre oder Amortisation in 10% Monatsraten. Das Werk wird sofort vollständig geliefert. Ein Band gern zur Ansicht.
H. Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 5. November 1920. Heft 45.

Die moderne Entwicklung der Unterwasserschalltechnik in Deutschland.

Von W. Hahnemann und H. Lichte, Kiel.

Vor einiger Zeit hat in dieser Zeitschrift Herr *Lübcke* über eine Arbeit in Engineering von *W. H. Bragg* unter dem Titel „Über das Hören unter Wasser" referiert[1]). Diese Arbeit gibt im wesentlichen die Ergebnisse der Entwicklung auf dem Unterwasserschallgebiete, wie sie während des Krieges in den feindlichen Staaten, hauptsächlich in England, gemacht worden sind. Es dürfte wohl von Interesse sein, auch über die Entwicklung in Deutschland kurz informiert zu werden.

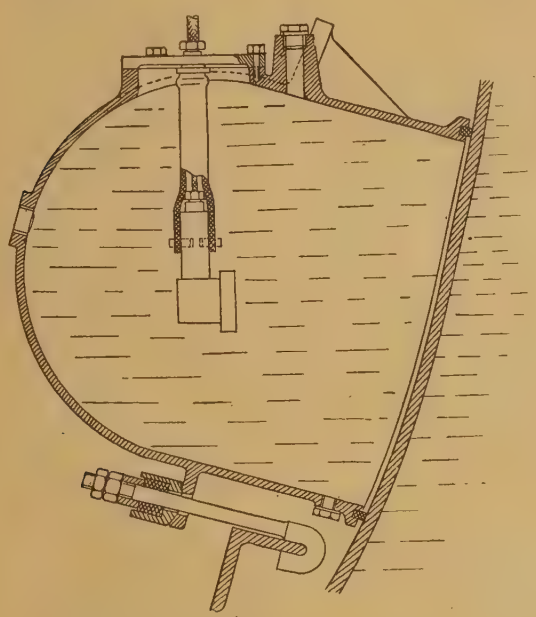


Fig. 1.
Unterwasserschall-Empfänger.

Bis zum Beginn des Krieges waren die Apparate, die man für die Nebelsignalisierung in der Schiffahrt benutzte, im wesentlichen folgende:

Auf Feuerschiffen, an Bojen oder festen Grundgestellen brachte man frei im Wasser hängende Unterwasserglocken an, die in ähnlicher Weise wie Kirchenglocken gebaut waren. Ihr Antrieb erfolgte meist pneumatisch, seltener elektrisch. Die Empfänger wurden auf den Schiffen unterhalb der Wasserlinie innenbords in Wassergefäßen untergebracht, die an die Bordwand angedrückt waren, so daß deren Flüssigkeitsgehalt nur durch die Bordwand vom Außenwasser getrennt war. (Fig. 1.) Sie sind wasserdicht gekapselte Mikrophone, von denen Leitungsdrähte zu dem Hörapparat auf der Schiffsbrücke führen, wo die Wechselströme des Mikrophons mittels Telephon wahrgenommen werden, also eine Einrichtung, die im allgemeinen dem bekannten normalen Fernsprecher gleicht. Die grundsätzliche Schaltung eines Mikrophonempfängers zeigt Fig. 2. Hier bedeutet *M* das Mikrophon, *E* eine Batterie, *J* ein Milli-Ampèremeter, *Rr* einen Regulierwiderstand zum Regulieren des Mikrophongleichstroms; *T* ist der Transformator und *F* das Telefon; *R* ist ein zum Telefon parallel geschalteter Widerstand, der zum Messen der Lautstärke nach dem in der drahtlosen Telegraphie unter dem Namen „Parallelohmmethode" bekannten Verfahren dient.

Bringt man auf jeder Seite des Schiffes Unterwasserschall-Empfänger an, die man einzeln abhören kann, so hat man eine Anordnung, die es ermöglicht, mit verhältnismäßig großer Genauigkeit die Richtung zu bestimmen, in der eine Schallquelle vom Empfangsschiff jeweilig gepeilt wird. Der zwischen beiden Empfängern liegende Schiffsraum bildet nämlich einen Schattenkörper, der die Fortpflanzung der Unterwasserschallstrahlen von einer zur anderen

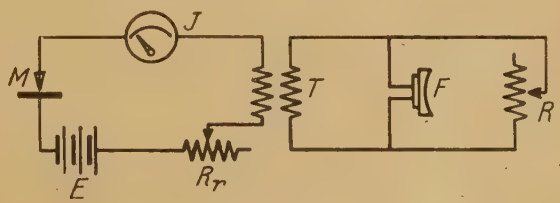


Fig. 2.
Schaltung eines Mikrophonempfängers.

Schiffsseite wirksam verhindert, da beim Übergang des Schalles von Wasser nach Luft die Schallenergie fast vollkommen zurückgeworfen wird. Treffen also die Schallwellen den Steuerbord-Empfänger, so können sie nicht oder nur sehr schwach gleichzeitig auch den Backbord-Empfänger treffen, so daß man in diesem Falle die Schallquelle an Steuerbord zu suchen hat. Wird das Schiff nun nach Steuerbord so weit gedreht, daß der Backbord-Empfänger allmählich lauter wird, so kommt die Schallquelle immer mehr vorlicher, und hört man beide Empfänger gleich stark, so ist sie recht voraus. Die Charakteristiken der Empfänger (das sind die Kurven

[1]) Die Naturwissenschaften *VIII*, 1920, 117.

gleicher Lautstärke in verschiedener Richtung vom Empfänger) sind Kreise, die die Bordwand an der Stelle tangieren, wo die Empfänger angebracht sind. (Fig. 3.)

Schon vor dem Weltkriege trat aber, besonders bei Kriegsmarinen, das Bedürfnis nach vollkommeneren Apparaten auf, insbesondere nach der Richtung hin, Unterwassermorsesignale austauschen zu können. Hier setzt die moderne Entwicklung der Unterwasserschalltechnik ein, die in Deutschland hauptsächlich von der Firma Neufeldt & Kuhnke in Kiel und deren Nachfolgerin, der Signal-Gesellschaft, in Gemeinschaft mit der Kriegsmarine betrieben wurde.

Physikalische Untersuchungen der akustischen Schwingungsgebilde am Sender und Empfänger.

Man versuchte die Aufgabe, Unterwassermorsezeichen auszutauschen, zunächst zu lösen, indem man die vorhandenen Unterwasserglocken für Schnellschlagbetrieb, etwa in der Art wie Preßluftniethämmer, einrichtete. Diese sogenannten Schnellschlagglocken sind aber bei den Mittelmächten in größerer Anzahl nicht verwendet worden. Versuche, die dann angestellt wurden mit unter Wasser betriebenen Luftsirenen, führten wegen der geringen Kompressibilität des Wassers und der hohen Kompressibilität der Luft zu keinem Ergebnisse.

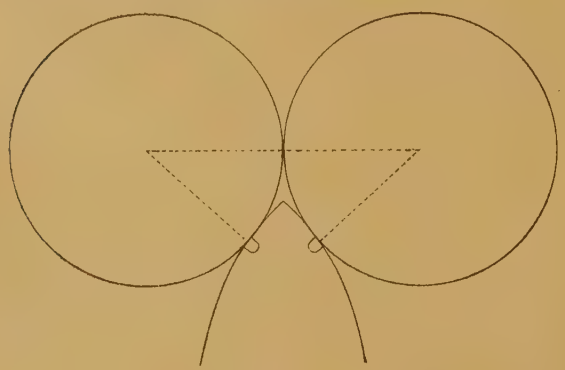


Fig. 3.
Zur Ermittlung der Richtung, aus der der Schall kommt.

Diese Erkenntnis führte zur Herstellung von Unterwassersirenen, bei denen ein periodisch unterbrochener Wasserstrahl aus vielen Löchern gleichzeitig unter verhältnismäßig hohem Druck gepreßt wurde, um dadurch die Lautstärke möglichst zu steigern. Das Morsen erfolgte dadurch, daß man mittels eines Umschaltschiebers die einzelnen Schallöcher der Sirene absperrte oder öffnete. Hiermit wurden zwar sehr große Reichweiten erzielt, es stellte sich jedoch im Betriebe heraus, daß die Sirenen erhebliche Fehler hatten, die ihre Benutzung im großen Maßstabe ausschlossen. Da nämlich bei der Sirene rotierende Teile ohne Schmierung unter starkem Druck gegeneinander arbeiten, so ist eine sehr starke Abnutzung vorhanden. Ferner wird bei dem Durchtritt des Wassers durch die Sirenenkanäle das Metall sehr stark angefressen, was die Sirene schon nach verhältnismäßig kurzer Betriebsdauer unbrauchbar macht und ein Auswechseln des Rotors bedingt[1]).

Die endgültige Lösung des Morseproblems hat erst der Elektromagnetsender gebracht, auf dessen Einzelheiten später eingegangen wird.

Bei der Entwicklung dieses neuartigen Senders und bei der Schaffung hierfür geeigneter Empfänger trat die Frage in den Vordergrund: Welches sind die eigentlichen akustischen Schwingungsgebilde am Sender und am Empfänger, und welche Mittel sind anzuwenden, um die genügende Bemessung ihrer Abstimmung, ihrer Dämpfung und ihrer Kopplung zu erreichen?

Bei der Untersuchung und Beantwortung dieser Frage haben wir uns stets von Bildern und Vorstellungen leiten lassen, die der Theorie der elektrischen Schwingungen entlehnt waren. Es waren also an den akustischen Sendern und Empfängern die Begriffe der Antenne, der Abstimmung und Dämpfung (Strahlungsdämpfung, Nutzdämpfung) klarzustellen.

Unter Schallstrahlern oder Schallantennen haben wir Körper zu verstehen, die sich periodisch viele Male in der Sekunde irgendwie aus-

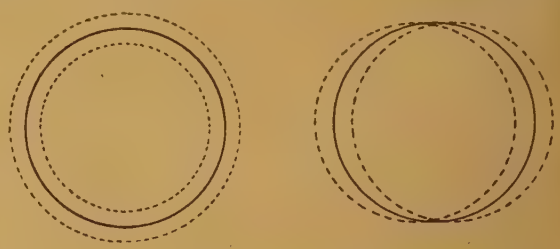


Fig. 4a. Schallstrahler. Fig. 4b.
Pulsierende oder atmende Kugel (Strahler nullter Ordnung). Oszillierende Kugel (Strahler erster Ordnung).

dehnen und zusammenziehen und hierbei das umgebende Medium (z. B. Wasser) in Überdruck und Unterdruck versetzen. Dieser Schwingungsvorgang kann auf verschiedene Weise stattfinden. Der einfachste Fall liegt vor, wenn abwechselnd ein Ausdehnen und ein Zusammenziehen des Körpers auftritt derart, daß gleichzeitig entweder nur Ausdehnen oder nur Zusammenziehen vorkommt. Solche Strahlungsgebilde kann man in Anlehnung an *Rayleigh* als Strahler nullter Ordnung bezeichnen („pulsierende oder atmende Kugel"). (Fig. 4 a.)

Geht das Ausdehnen und Zusammenziehen derart vor sich, daß ein Teil des Strahlers auf das Medium sich zubewegt, auf dieses also einen Überdruck ausübt, wenn gleichzeitig der übrige Teil sich aus dem Medium herausbewegt, in

[1]) Die Zerstörungen durch das strömende Wasser treten bei allen hydraulisch betriebenen Sendern, z. B. auch bei Membranunterbrechern, auf.

diesem also einen Unterdruck erzeugt, so liegt ein Strahler erster Ordnung vor. Ein solcher Strahler wird am einfachsten durch eine hin und her schwingende Kugel dargestellt („oszillierende Kugel"). (Fig. 4 b.)

Strahler, die nach komplizierterer Weise schwingen, bezeichnet man als Strahler höherer Ordnung. Solche sind beispielsweise die Glocken.

Bei der Betrachtung von Schallantennen ist die Rückwirkung des Mediums auf die Antenne besonders wichtig. Diese Rückwirkung geschieht in doppelter Weise: Einmal wird dem Strahlungsgebilde Energie durch Strahlung entzogen und zweitens tritt zur Masse des strahlenden Körpers noch eine mitbewegte Mediummasse hinzu. Die entzogene Energie bestimmt die Dämpfung des Strahlers, die mitbewegte Mediummasse ändert die Abstimmung des Strahlers. Für den Fall der pulsierenden Kugel, die in der Unterwasserschalltechnik und überhaupt in der praktischen Akustik wohl die Hauptrolle spielt,

Fig. 5.

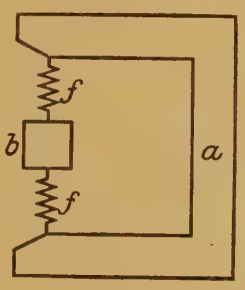


Fig. 6.

Spezialfall einer Schallantenne nullter Ordnung.

lassen sich die Strahlungsdämpfung und die mitschwingende Mediummasse berechnen. Für die Berechnung selbst sei verwiesen auf die Arbeit „Schallfelder und Schallantennen" von *Hahnemann* und *Hecht*[1]).

In ihrer rein ideellen Form kommen pulsierende Kugeln in der Technik allerdings kaum vor. Es lassen sich aber die praktisch vorkommenden Fälle auf die pulsierende Kugel zurückführen. Der wichtigste Fall ist der des zylindrischen Gefäßes, das auf der einen Seite durch eine Schwingungsmembran abgeschlossen, auf der Rückseite durch einen nichtschwingungsfähigen starren Deckel verschlossen ist. (Fig. 5.) Schwingt die Membran in der Form der Grundschwingung, so haben wir einen Spezialfall einer Schallantenne nullter Ordnung. Für diesen Spezialfall ergibt die Berechnung mit guter Annäherung für die Strahlungsdämpfung den Wert

$$5 \frac{R}{\lambda}$$

und für die Mediummasse

$$0{,}4\, R^3 \varrho,$$

wo R den Radius der Membran, λ die Wellenlänge und ϱ die Dichte des Mediums bedeuten.

Neben diesen beiden Größen interessieren uns noch die Abstimmungsgrößen des Gebildes, nämlich die Masse und die Elastizität. Beide sind bei einer Membran gleichmäßig über die ganze Membran verteilt. Man kann sich aber die Masse der Membran durch eine in ihrem Mittelpunkt liegende Masse ersetzt denken, die durch eine Elastizität mit dem Rand der Membran verbunden ist. (Fig. 6.)

Das Äquivalent von Masse und Elastizität läßt sich nun berechnen. Die Membranmasse ist gleich

$$0{,}2\, \pi\, R^2\, d\, \delta,$$

wo d die Dicke der Membran und δ die Dichte des Membranmaterials ist. Zu dieser Masse tritt noch die im Mittelpunkte der Membran gedachte Masse des Mediums hinzu, die wir zu

$$0{,}4\, R^3\, \varrho$$

angegeben haben.

Ferner sind noch etwaige an der Membran befestigte Konstruktionsteile zur Schwingungsmasse hinzuzurechnen.

Die Elastizität kann man auf bekannte Weise aus der Durchbiegung der Membran bei einer bestimmten Kraft und aus der Elastizität und der gesamten Masse ihre Abstimmung berechnen. Da aber die Spannung im Material niemals ganz reinlich erfaßt werden kann, ergibt sich in der Praxis die Notwendigkeit, die Tonhöhe experimentell zu bestimmen.

Die oben angegebene Strahlungsdämpfung gilt nur für den Fall, daß die schwingende Masse nur Mediummasse ist. Tritt noch Membranmasse, eventuell noch Konstruktionsmasse, hinzu, so erleidet die vorhin angegebene Strahlungsdämpfung eine Korrektur, und zwar ist sie zu multiplizieren mit dem Verhältnis der Mediummasse zur Gesamtmasse. Hiermit haben wir das vollkommene Bild einer akustischen Antenne, wie sie in der Unterwasserschalltechnik vorliegt, gegeben. Wie man in der Funkentelegraphie teils durch Messungen, teils durch Rechnungen die Selbstinduktion, Kapazität und den Strahlungswiderstand einer Antenne bestimmen kann, so können wir aus den Dimensionen der schwingenden Membran die Elastizität, die Schwingungsmasse und die Strahlungsdämpfung bestimmen.

Beim Empfänger ist mit der Antenne (der Membran) noch ein zweites Schwingungsgebilde gekoppelt, nämlich das Mikrophon. (Fig. 7.) Es besteht im wesentlichen aus dem Mikrophongehäuse mit der einen Elektrode und einer Mikrophonmembran, die an ihrem äußeren Rande am Mikrophongehäuse befestigt ist und die zweite Elektrode trägt. Die Mikrophonmembran ist in ihrem Mittelpunkte mit der schallaufnehmenden Membran starr befestigt. Wir haben also zwei Schwingungsgebilde miteinander gekoppelt, die eine gemeinsame Masse haben. (Fig. 8.) Wie aus

[1]) *Hahnemann* und *Hecht*, Physikal. Zeitschrift *17*, 1916, 601.

der drahtlosen Telegraphie bekannt, sind solche gekoppelte Schwingungsgebilde zweiwellig, d. h. sie besitzen zwei Abstimmungsfrequenzen, von denen die eine unterhalb der tiefsten freien Schwingung liegt. Der Kopplungsgrad läßt sich aus den Massen der beiden miteinandergekoppelten Schwingungsgebilde berechnen.

Für den Fall, daß die Gehäusemasse der Kapsel unendlich groß ist, ergibt sich für den Kopplungsfaktor

$$k = \sqrt{\frac{m}{M+m}},$$

wo m die Masse des Mikrophongehäuses, M die im Mittelpunkte der Membran konzentriert gedachten Massen (Mediummasse, Membranmasse, Konstruktionsmasse, Masse der Mikrophonmembran) bedeuten.

Die im vorhergehenden mitgeteilten Gesetze sind an den Sendern und Empfängern geprüft und bestätigt worden. Bei diesen Messungen

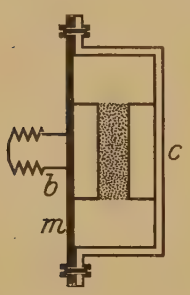


Fig. 7. Mikrophon.

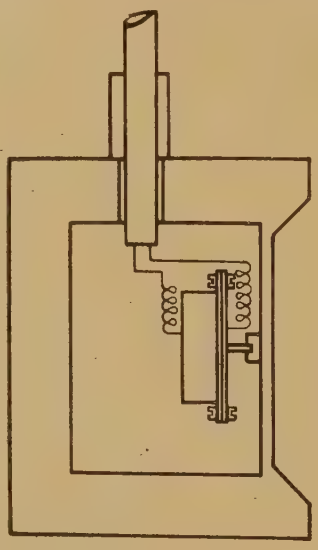


Fig. 8. Empfänger. Die Mikrophonmembran ist in ihrem Mittelpunkt an der schallaufnehmenden Membran starr befestigt.

machte sich eine Schwierigkeit bemerkbar, auf die hier noch hingewiesen sei. Wenn man die in Frage kommenden Untersuchungen in begrenzten Wasserbassins macht, bilden sich infolge von Reflexionen der Schallwellen an einander gegenüberstehenden Parallelwänden stehende Wellen aus, die einwandsfreie Messungen, insbesondere die Aufnahme von Resonanzkurven ausschließen. Um diese Schwierigkeit zu vermeiden, wurden von uns Wasserbehälter benutzt, deren Wände windschief zueinander stehen und teilweise gekrümmt sind. Man hat dann ein vollkommen diffuses Schallfeld, in dem eine große Reihe von Messungen an Schallapparaten möglich ist.

Moderne Entwicklung der Unterwasserschallapparate.

Nachdem man so die Grundlage für die Anschauung und Berechnung der rein akustischen Teile der Empfänger- und Senderapparate geschaffen hatte, war es bald möglich, Sender und Empfänger für beliebige Frequenzen, Dämpfung und Kopplung innerhalb gewisser Grenzen zu bauen. Es soll nun eine kurze Beschreibung der Apparate erfolgen:

A. Sender.

Bei der Entwicklung des Senders hatte die Signal-Gesellschaft an frühere Versuche von *Görges* und *du Bois-Reymond* angeknüpft. Bei diesem ersten Elektromagnetsender wurde unmittelbar eine Membran elektromagnetisch erregt. Große Lautstärken wurden jedoch mit diesem Sender nicht erzielt. Es wurde erkannt, daß dies an den Schalleigenschaften des Wassers lag. Im Gegensatze zur Luft kann man im Wasser große Schallenergie nur erzeugen, indem man mit kleinen Amplituden große Drucke herstellt. Da aber ein elektromagnetisch erregter Sender bei solchen Verhältnissen einen

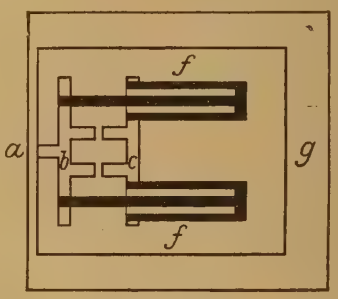


Fig. 9.

Fig. 10. Elektromagnetsender.

schlechten Wirkungsgrad hat, muß man, um gute Wirkungsgrade zu erzielen, den Elektromagneten mit kleineren Kräften, dafür größeren Amplituden arbeiten lassen. Das ist aber nur möglich, indem man eine Amplitudenübersetzung zwischen Magnet und Membran einschaltet. Das in der praktischen Durchführung einfachste Mittel, eine solche Übersetzung herzustellen, ist ein Schwingungsgebilde.

Für den Elektromagnetsender wurde von der Signal-Gesellschaft ein Schwingungsgebilde konstruktiv durchgebildet, das zugleich die Urform eines jeden Schwingungsgebildes darstellt. (Fig. 9.) Dieses Schwingungsgebilde besteht aus zwei Massen, die durch eine Elastizität miteinander verbunden sind. Häufig wird nur eine Masse und Elastizität betrachtet; dies stellt aber nur einen Spezialfall dar, der darin beruht, daß an dem Ende des elastischen Teils, der der einen Masse gegenüber liegt, eine unendlich große Masse, d. h. absolute Ruhe gedacht ist. Die

Schwingung des beschriebenen Schwingungsgebildes geht nun im allgemeinen so vor sich, daß sich die beiden Massen gleichzeitig aufeinander zubewegen oder voneinander wegbewegen und dadurch das elastische Gebilde zusammendrücken oder ausdehnen. Wie bei allen Schwingungsvorgängen die Energie zwischen zwei Zuständen hin und her pendelt, so ist sie hier einmal in der zusammengedrückten oder auseinandergestreckten Elastizität, das andere Mal in den sich bewegenden Massenteilen enthalten. Ist die Spannung der Feder gerade Null, so bewegen sich die Massen mit der größten Geschwindigkeit und enthalten die gesamte Schwingungsenergie in kinetischer Form; ist die Feder auf den maximalen Wert zusammengedrückt oder auseinandergezogen, so steckt die Energie in potentieller Form in der Feder.

Ein solches Schwingungsgebilde wird, wie gesagt, bei dem elektromagnetisch erregten Sender der Signal-Gesellschaft benutzt[1]). Die eine Masse sitzt unmittelbar auf der Membran, die zweite Masse ihr frei gegenüber[2]). Die elektromagnetischen Kräfte greifen an dieser freien Masse an, die mit großer Amplitude in Luft arbeiten kann. Die auf der Membran sitzende Masse arbeitet mit einer den Schallverhältnissen des Wassers entsprechenden Amplitude. Der Wirkungsgrad dieses Senders ist sehr gut. Ferner ist mit ihm ein bequemes Morsen möglich dadurch, daß der Wechselstrom mittels eines gewöhnlichen Tasters ein- und ausgeschaltet werden kann.

Die Lautstärke des elektrischen Senders ist dann am größten, wenn die Periodenzahl des Wechselstroms übereinstimmt mit der Eigenschwingung des erwähnten Schwingungsgebildes. Man kann bei diesen elektrischen Sendern die in den Sender geschickte Leistung unmittelbar messen. Wenn man den Sender betreibt mit einer Frequenz, die unterhalb der Eigenschwingung des Gebildes liegt, wird man eine ganz bestimmte elektrische Leistung feststellen. Steigert man nun allmählich die Frequenz, so nimmt die aufgenommene Leistung stark zu. (Fig. 11.) Sie erreicht einen Höchstwert, wenn die Periodenzahl des Wechselstroms übereinstimmt mit der Eigenschwingung des Gebildes, d. h. wenn der Sender in der Resonanz betrieben wird und nimmt bei weiterer Steigerung der Frequenz wieder ab. Außerhalb der Eigenschwingung gibt der Sender keine nennenswerte akustische Leistung an das Wasser ab. Der Betrag, um den die elektrische Leistung in der Resonanz höher ist als außerhalb derselben, wird im wesentlichen als Schalleistung an das Wasser abgegeben. Das Verhältnis der an das Wasser abgegebenen Energie zur gesamten vom Sender aufgenommenen gibt den Wirkungsgrad des Senders. Es gelingt, Sender mit über 50 % Wirkungsgrad zu bauen.

Die von der Signal-Gesellschaft gebauten Sender werden mit einer Eigenschwingung von 1050 Perioden in der Sekunde hergestellt. Es ist ohne weiteres möglich, auch Sender für andere Frequenzen zu bauen, doch hat sich die Frequenz von etwa 1000 Perioden für die Praxis als besonders geeignet herausgestellt.

Der Sender der Signal-Gesellschaft hat den Anforderungen in der Praxis unter den schwierigsten Bedingungen, nämlich bei Anwendung auf Unterseebooten, in jeder Weise genügt.

B. Empfänger.

Parallel und Hand in Hand mit der Entwicklung des Senders ging die Entwicklung des Empfängers. Will man aus einem Schallfeld mit einem Empfänger Energie aufnehmen, so kann man das nur mit gutem Wirkungsgrad erreichen, wenn der Empfänger auf den Sender abgestimmt

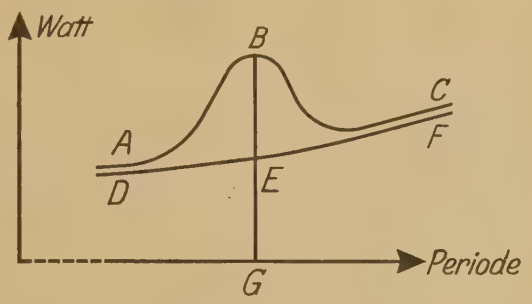


Fig. 11. Zur Messung der in den elektrischen Sender geschickten Leistung.

ist, genau wie in der drahtlosen Telegraphie die Empfangsantenne auf die Senderantenne abgestimmt sein muß. Weiter ist es nötig, daß der Empfänger bei möglichst großer Empfindlichkeit für den Empfang eines bestimmten Tones andere Töne und Geräusche möglichst nicht aufnimmt. Die Untersuchungen ergaben, daß die in der Praxis bisher verwendeten Empfangskapseln bereits verhältnismäßig gute, empirisch gefundene Eigenschaften für die Tonhöhe von etwa 1000 pro Sekunde hatten. Sie hatten allerdings noch zwei hauptsächliche Fehler: der eine bestand darin, daß die Empfänger bei der Fabrikation in der Abstimmung recht verschieden waren, wohl darum, weil man nicht klar erkannt hatte, daß sie aus zwei Schwingungsgebilden bestanden, also zwei Abstimmungsfrequenzen besaßen, deren Höhe von dem Verhältnis der Kopplungsmasse zu den freien Massen und vom Zustande der Abstimmung der beiden Schwingungssysteme an sich abhängt.

Der zweite Fehler der Mikrophonempfänger bestand darin, daß die Abstimmung an sich sehr variabel ist. Das liegt daran, daß zur Membranelastizität des Mikrophons Elastizität des Kohlepulvers hinzutritt, die die Abstimmung des Mi-

[1]) Schematisch ist der Sender in Fig. 10 dargestellt.

[2]) Der Stiel ist hier aus konstruktiven Gründen geknickt.

krophons und damit überhaupt dieses Empfängers beeinflußt.

Es ist bis zu einem gewissen Grade gelungen, diese Fehler zu vermeiden. Etwas ganz Vollkommenes läßt sich aber in dieser Beziehung nicht schaffen.

Durch die Fehler und Schwächen der Mikrophone angespornt, entwickelte die Signal-Gesellschaft Empfänger, die ohne Verwendung von Mikrophonen und elektrischer Erregung arbeiten und aus dem Wasser die Schallenergie aufnehmen, indem sie sie unmittelbar in geeigneter Weise in Luftschall umsetzen und durch Rohrleitungen fortleiten. Diese sogenannten reinakustischen oder Wasserluftempfänger haben zwar etwas geringere Empfindlichkeit als die Mikrophonempfänger, zeichnen sich aber durch bedeutend größere Störungsfreiheit vor diesen aus. Sie sind besonders geeignet für kleine Fahrzeuge, Fischdampfer, Segler, die kein Personal an Bord haben, das mit der Instandhaltung elektrischer Anlagen vertraut ist.

Außerdem sind Empfänger entwickelt worden, die zwar elektrisch sind, aber das Mikrophon vermeiden. Weiterhin sei noch erwähnt, daß für Zwecke der Kriegsmarine Geräuschempfänger ausgebildet worden sind, die auch vielleicht für die Handelsschiffahrt von großem Nutzen werden können.

Der Einfluß des Mediums auf die Reichweiten.

Nach dieser kurzen Beschreibung der Haupttypen der beiden Apparategruppen, Sender und Empfänger, wenden wir uns nun der Frage zu, welche Leistungen und Resultate man mit ihnen erzielen kann.

Einer der wichtigsten und am meisten interessierenden Punkte ist dabei die Reichweite solcher Anlagen. Mit den beschriebenen Anlagen sind zuweilen Reichweiten erzielt worden, die über 100 km betrugen. Da die Sender einige 100 Watt Schalleistung ausstrahlen, andererseits die Empfänger eine Empfindlichkeit von etwa 10—15 Watt/cm² haben, würde man bei quadratischer Abnahme der Schallenergie eine Reichweite von über 1000 km erwarten dürfen. Leider ist nun aber im Wasser eine starke Dämpfung vorhanden. Die Abnahme der Schallenergie geht, wie *Barkhausen* und *Lichte*[1]) gezeigt haben, exponentiell vor sich. Die Ursache für diese exponentielle Abnahme ist in der Temperatur- und Salzgehaltschichtung sowie in Strömungen zu suchen. Diese Inhomogenitäten des Mediums haben auch starke Schwankungen der Reichweiten, insbesondere eine Abhängigkeit von der Jahreszeit zur Folge.

Welchen Einfluß hat nun die Temperaturschichtung des Wassers? Die Schallgeschwindigkeit des Wassers ist, wie in der Luft, von der Temperatur abhängig. Innerhalb der vorkommenden Temperaturgrenzen nimmt sie mit wachsender Temperatur zu. Denken wir uns nun eine Wasserschicht, die oben höhere Temperatur hat als am Boden und innerhalb dieser eine zunächst lotrechte Wellenfläche. Bei der weiteren Fortpflanzung dieser Wellenfläche werden die oberen Teile mit größerer Geschwindigkeit sich fortpflanzen als die dem Boden benachbarten Teile. Die Folge ist, daß die ursprünglich lotrechte Wellenfläche sich allmählich nach vorn überneigt, daß also ein ursprünglich horizontaler Schallstrahl sich allmählich nach unten neigt und im Boden verschwindet, wo er nahezu vollständig absorbiert wird.

Ist die Temperaturschichtung entgegengesetzt, wie sie eben angenommen wurde, also oben das Wasser kälter als am Boden, so geht auch die Krümmung der Schallstrahlen im entgegengesetzten Sinne. Es findet also eine Beugung nach oben statt. An der Wasseroberfläche wird die Schallenergie fast vollkommen zurückgeworfen unter dem Winkel, unter dem der Schallstrahl die Oberfläche getroffen hat. Er pflanzt sich also schräg nach unten fort, wird aber infolge der Temperaturschichtung wieder nach oben gekrümmt, bis er die Wasseroberfläche zum zweiten Male erreicht. Dieser Vorgang wiederholt sich so oft, bis infolge Diffusion nach dem Boden die Energie auf einen unmerklichen Bruchteil herabgesunken ist.

Der erste Fall der betrachteten Temperaturschichtung liegt im allgemeinen im Sommer vor, der zweite Fall im Winter. Es fogt daraus im Sommer Ablenkung der Schallstrahlen nach unten und Absorption im Boden, d. h. geringe Reichweiten, im Winter Ablenkung der Schallstrahlen nach oben und Reflexion an der Wasseroberfläche, d. h. große Reichweiten.

Ähnlich wie die Temperaturschichtung bewirkt auch eine Salzgehaltschichtung eine Ablenkung der Schallstrahlen. Glücklicherweise liegen die Verhältnisse in der Natur so, daß die ungünstige Temperaturschichtung im Sommer durch die Salzgehaltschichtung zum großen Teile ausgeglichen wird, daß also ungünstige Reichweiten im Sommer nicht in dem Maße vorhanden sind, wie sie nach der Temperaturschichtung zu erwarten wären. Immerhin bleibt die Tatsache bestehen, daß die Sommerreichweiten kleiner sind als die Winterreichweiten. Das wird durch die Beobachtungen in weitgehendem Maße bestätigt[1]). (Fig. 12 a, b.)

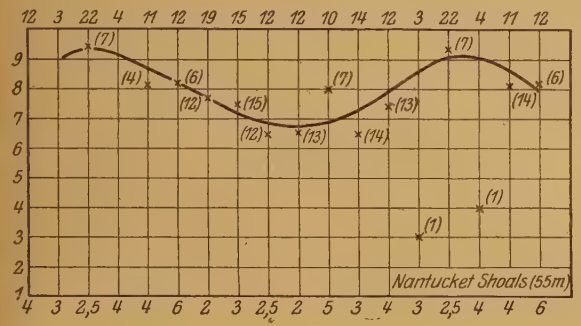
Neben den erwähnten Einflüssen der Temperatur- und Salzgehaltsschichtung spielt für tiefe Gewässer auch der Druck eine Rolle. Da sich die Kompressibilität mit wachsendem Druck vermindert, die Schallgeschwindigkeit also zunimmt, findet eine Beugung der Schallstrahlen nach oben statt, ein ungünstiger Temperatureinfluß wird

[1]) *Barkhausen* und *Lichte*, Ann. d. Phys., 1920 (IV), *62*, 485—516.

[1]) *Lichte*, Phys. Zeitschrift *20*, 1919, 385.

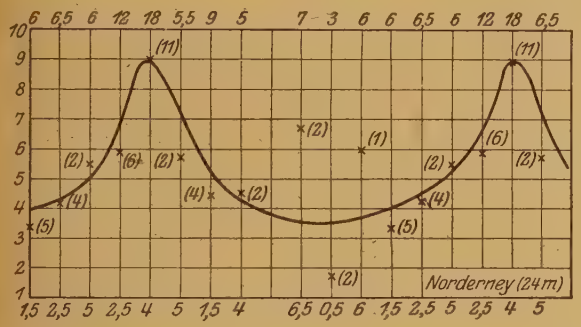
demnach bei großen Wassertiefen durch den Druckeinfluß kompensiert.

Der zuletzt erwähnte Umstand gibt die Möglichkeit einer transatlantischen Unterwasserschalltelegraphie an die Hand. Man muß die Schallapparate zu diesem Zweck in so tiefem Wasser auslegen, daß sich der günstige Druckeinfluß schon bemerkbar macht Praktisch dürfte das allerdings oft große Schwierigkeiten machen, da der Übergang vom festen Lande zu großen Wassertiefen über flache Gebiete nur allmählich erfolgt, was verhältnismäßig große Kabellängen zwischen Land und Schallapparat erfordert. Man



Winter Sommer Winter

Fig. 12a.



Februar Juli Februar

Fig. 12b.

Abhängigkeit der Reichweite von der Temperaturschichtung und von der Salzgehaltschichtung des Wassers.

kann diese Schwierigkeit bis zu einem gewissen Grade umgehen, wenn man die Schallsender so weit in die offene See hinausverlegt, daß ein unter dem Einfluß des Temperaturgradienten gebeugter Schallstrahl den Meeresboden nicht mehr oder nur selten trifft, bevor er unter dem Einfluß der Druckzunahme wieder nach oben zurückgebeugt wird. Die Empfänger müssen ebenfalls dementsprechend ausgelegt werden. Bei der praktischen Ausführung solcher Anlagen muß je nach der profilen Gestaltung zwischen Tiefe und Festland festgestellt werden, ob es vorteilhafter ist, längere Kabel zu verwenden, um ganz ohne Bodenabsorption mit ganz geringer Senderenergie geben zu können, oder ob etwa, bei nur flachem Verlauf des Meeresbodens im Küstengebiet, bis zu einem gewissen Grade eine Absorption der Schallenergie im Boden zugelassen und durch größere Senderenergie ausgeglichen werden muß, weil Kabelkosten und Stromverlust zu groß werden.

Bedeutung und Verwendung der neuzeitlichen Unterwasserschallsignalmittel in der Handelsschiffahrt.

Wenn auch die Unterwasserschalltelegraphie zum Austausch von Nachrichten auf große Entfernungen an eine Konkurrenz mit der drahtlosen Telegraphie mittels elektromagnetischer Wellen nicht denken kann, so haben die neueren Unterwasserschallmittel insbesondere für die Orientierung bei Nebel doch eine große Bedeutung für die Schiffahrt. Es sollen hier zum Schluß nur ganz kurz die Hauptverwendungsmöglichkeiten angegeben werden. In erster Linie dienen die Unterwasserschallmittel zum Ansteuern fester Punkte bei Nebel, ein Verfahren, das schon seit etwa 20 Jahren bekannt und in die Praxis eingeführt ist. Als weitere Anwendungsgebiete ergeben sich vor allem noch die folgenden:

Bei unsichtigem Wetter kann man durch Unterwasserschallsender und -empfänger Positionslaternen auf Schiffen ersetzen. Ferner werden die Apparate im Lotsendienste und beim Aufsuchen havarierter Schiffe nützliche Verwendung finden können, um den Standort von Schiffen im Nebel feststellen zu können.

Durch gleichzeitige Abgabe von Unterwasserschallsignalen und Funkentelegraphiezeichen kann man aus dem Zeitunterschied beim Eintreffen auf dem Empfangsschiff die Entfernung vom Senderort bestimmen.

Ferner sei noch erwähnt, daß man neuerdings auch ein Richtungsverfahren ausgebildet hat, bei dem es möglich ist, die Richtung der Schallquelle festzustellen, ohne den Kurs des Schiffes ändern zu müssen, wie bei der oben erwähnten Methode.

Endlich ist es bemerkenswert, daß es gelungen ist, ein akustisches Lot auszubilden, das darauf beruht, daß man den von einer Schallquelle ausgehenden direkten und vom Boden zurückgeworfenen Schall beobachtet und aus dem Zeitunterschied zwischen direktem und zurückgeworfenem Schall auf die Wassertiefe schließt; mit der gleichen Apparatur können reflektierende Gegenstände im Wasser, z. B. Eisberge oder begegnende Schiffe, von Ferne angezeigt werden.

Die im vorstehenden skizzierte Entwicklung ist hauptsächlich während des Krieges und unter dem Druck des Krieges geleistet worden. Das auf dem Gebiet des Unterwasserschallwesens Geschaffene ist ein Glied in der Kette derjenigen Arbeiten, die notwendig waren für unsere Kriegführung zur See. Die von der Unterwasserschalltechnik entwickelten Apparate haben dazu beigetragen, unsere Kriegsmittel zur See, insbesondere unsere U-Boote, zu schützen und ihren Wert zu erhöhen. Wenn auch der Krieg einen

Ausgang genommen hat, den wir alle wohl nicht gewünscht haben, so ist doch die während des Krieges geleistete Arbeit nicht umsonst gewesen, vieles können wir in den Frieden mit hinübernehmen. Was auf dem Unterwasserschallgebiet geleistet worden ist, wird im Frieden einen großen Anteil haben an der Erhaltung und Sicherung unserer Schiffahrt.

Geschlecht und Zellstruktur[1]).

Von S. Gutherz, Berlin.

I.

Die Frage, ob der Mensch zwei in bezug auf ihre Geschlechtstendenz verschiedene Arten von Samenfäden besitze, die kürzlich zum Gegenstande eines wissenschaftlichen Preisausschreibens gemacht wurde, dürfte auch für einen größeren Leserkreis Interesse bieten. Ich möchte es daher versuchen, die tatsächlichen und gedanklichen Grundlagen, aus denen jene Frage erwachsen ist, in ihren Hauptzügen darzulegen. Hierbei sollen die Grenzen unserer Betrachtung etwas weiter gezogen und die Beziehungen zwischen Geschlecht und Zellstruktur im allgemeinen behandelt werden, allerdings mit zwei Ausnahmen. Unberücksichtigt bleiben auf der einen Seite gewisse zurzeit noch rein hypothetische Gedankengänge (die von *Schaudinn* begründete, von *v. Prowazek* und *M. Hartmann* weitergeführte Theorie von der Bisexualität der Zelle sowie *R. Hertwigs* Annahme einer Verknüpfung der sogen. Kernplasmarelation mit dem Geschlecht), auf der anderen Seite die gewissermaßen selbstverständlichen Beziehungen zwischen Geschlecht und Zellstruktur, die in der Ausbildung histologisch einseitig spezialisierter Geschlechtszellen, der Eier und Spermien (Samenzellen), gegeben sind, wobei nicht verkannt werden soll, daß auch in dieser letzteren Hinsicht noch interessante Probleme vorliegen.

Was nach diesen Einschränkungen übrig bleibt, ist ein großes und wichtiges Gebiet, ganz innerhalb des Rahmens tatsächlicher Forschung gelegen. Als den Ausgangspunkt dieser Forschungsrichtung haben wir — abgesehen von vereinzelten schon früher erfolgten Beobachtungen — die vor etwa 1½ Jahrzehnten an einigen Insekten gemachte Feststellung zu betrachten, daß außer der lange bekannten histologischen Differenzierung der beiden Typen von Geschlechtszellen sich noch ein feinerer, im Zellkern gelegener Unterschied zwischen ihnen vorfindet, ein Unterschied, der bereits in den histologisch noch indifferenten Stadien der Keimzellen, den sogen. Urgeschlechtszellen, auftritt und sogar nicht auf die Linie der Geschlechtszellen beschränkt bleibt, sondern auch auf das Zellenmaterial des Körpers übergreift. Es handelt sich also um einen sexuellen Charakter, der den ganzen Organismus durchzieht. Es ist klar, wie sehr ein solcher Befund unseren allgemein biologischen Vorstellungen entgegenkommt. Sind wir doch gewohnt, uns die Gesamteigenschaften eines Organismus gewissermaßen bis in die Zelle hinein projiziert zu denken, eine Vorstellung, die bekanntlich in *Oscar Hertwigs* Theorie von der „Artzelle" ihren prägnantesten Ausdruck gefunden hat. So werden wir auch physiologische und morphologische Kennzeichen des Geschlechts in jeder Zelle getrennt geschlechtlicher Organismen erwarten dürfen. Es fragt sich aber im besonderen, ob die etwa beobachteten Strukturen auch wirklich funktionelle Strukturen, d. h. Träger einer eigenartigen, nach dem Geschlecht verschiedenen Funktion sind. Hierauf wird später noch einmal genauer zurückzukommen sein.

II.

Bei der näheren Darstellung der auf unserem Gebiet vorliegenden Tatsachen sei mit einigen gewissermaßen nur rudimentären Beobachtungen begonnen, die aber möglicherweise bei weiterer Verfolgung zu wichtigen Ergebnissen führen könnten. Es handelt sich um bisher nur für Säuger erhobene Befunde, die eine *Beziehung zwischen Zellengröße und Geschlecht* statuieren und zwar im Sinne einer Feinzelligkeit der weiblichen Individuen. Die genauesten Angaben in dieser Hinsicht verdanken wir dem Zootechniker *K. v. d. Malsburg*, der auch das Verdienst hat, nachdrücklich auf die ganze Frage hingewiesen zu haben[1]). *v. d. Malsburg* hat zahlreiche Haustierrassen mit Berücksichtigung des Geschlechtes und auch der Kastraten auf den Querdurchmesser der gestreiften Muskelfasern (Waden- und Bauchmuskulatur) untersucht. Die folgenden Durchschnittszahlen sind seinen umfangreichen Tabellen entnommen:

Rind	♂ 50,28 µ ♀ 45,84 „	Differenz: 4,44 µ oder 9,1 %
Pferd	♂ 43,11 „ ♀ 40,00 „	Differenz: 3,11 µ oder 7,5 %
Schaf	♂ 26,53 „ ♀ 23,76 „	Differenz: 2,77 µ oder 11 %

Männliche Kastraten hielten sich in bezug auf den Muskelfaserdurchmesser etwa in der Mitte zwischen beiden Geschlechtern. Bei wild lebenden Tieren sowie auf niedrigerer Züchtungsstufe stehenden Haustieren (Wildschwein, Büffel, Ziege) ergab sich eine stärkere Differenz (15 bis 20 %) zwischen männlichem und weiblichem Muskelfaserquerdurchmesser, was vielleicht damit in Zusammenhang steht, daß bei diesen Formen die

---

[1]) Nach einem in der ärztlichen Gesellschaft für Sexualwissenschaft und Eugenik zu Berlin am 16. April 1920 gehaltenen Vortrage.

[1]) Die ersten Angaben gehen bereits auf den Klassiker der Muskelhistologie *William Bowman* (1840) zurück, der als durchschnittliche Skelettmuskelfaserdicke für den Mann $^1/_{352}$″ (engl.) = ca. 72 µ, für das Weib $^1/_{458}$″ = ca. 56 µ ermittelt hat. Viel später machte *Halban* ähnliche Feststellungen.

sekundären (accidentalen) Geschlechtscharaktere im allgemeinen stärker ausgeprägt sind als bei den ersterwähnten. Weitere tatsächliche Angaben in der gleichen Richtung, die *v. d. Malsburg* referiert, beziehen sich nur noch auf rote und weiße Blutkörperchen von Säugern. Es lassen sich aber bei Haustieren indirekte Hinweise auf relative Feinzelligkeit der weiblichen Individuen (z. B. in ihrer dünneren Haut, feineren Haaren und Hörnern) geltend machen. *v. d. Malsburg* ist auf Grund seiner umfassenden vergleichenden Untersuchungen, in denen die Frage nach den Geschlechtsdifferenzen nur ein Teilproblem darstellt, geneigt, in dem Muskelfaserdurchmesser, mit dem nach seiner Ansicht die Größe aller übrigen Zellen in Korrelation steht[1]), ganz allgemein ein „histobiologisches Symbol" zu erblicken, das die Gesamtkonstitution eines Individuums charakterisiert: die kleinere Zelle sei (innerhalb bestimmter Grenzen) die biologisch wertvollere vermöge ihrer relativ größeren Oberfläche und der in ihr anzunehmenden stärkeren Konzentration der lebenden Substanz (Wasserarmut). Im Rahmen dieser Betrachtung weiß *v. d. Malsburg* auch Gründe beizubringen, die für eine höhere Vitalität der untersuchten weiblichen Tiere sprechen (z. B. größeres relatives Lungen- und Herzgewicht). Zweifellos liegt in den Studien über Zellengröße bei den Geschlechtern ein Forschungsgebiet vor, das weiter ausgebaut zu werden verdient. An eine genauere Untersuchung der Frage dürften aber die folgenden Anforderungen zu stellen sein. Einmal müßte, um den eventuellen sexuellen Faktor möglichst rein hervortreten zu lassen, eine exakte Reduktion der Zellengröße auf die individuelle Körpergröße erfolgen, und es dürften nur Individuen von ganz naher Verwandtschaft, die unter annähernd gleichen äußeren Bedingungen leben, zur Untersuchung verwendet werden. Sodann wären Organe mit möglichst leicht meßbarer Zellengröße zu bevorzugen, eine Forderung, welche die syncytial[2]) gebauten quergestreiften Muskelfasern nicht erfüllen, bei denen überdies die Möglichkeit rein funktioneller Schwankungen ihres Querdurchmessers in Frage kommt.

III.

Eine genauere Betrachtung der schon eingangs kurz erwähnten *Beziehungen zwischen Zellkernstruktur und Geschlecht* stellt uns vor ein Tatsachenmaterial, das in gewisser Hinsicht bereits als völlig abgerundet betrachtet werden darf. Da die hier vorliegenden Befunde zum Teil recht kompliziert und im einzelnen sehr verschiedenartig sind, so wollen wir namentlich das ihnen allen gemeinsame prinzipiell Wichtige vorführen.

Der einfachste Fall ist der, daß das eine Geschlecht ein Chromosom[1]) mehr als das andere sowie gerade Chromosomenzahl besitzt, wie wir das auf Fig. 1 von einem Insekt, der Hausgrille (*Gryllus domesticus*) dargestellt sehen. Hier ist das Weibchen mit 22 das chromosomenreichere Geschlecht. Wie die verschiedenen Chromosomenzahlen des Männchens und des Weibchens zustandekommen, lehrt uns das Studium der Spermiogenese[2]) (Fig. 1 und 2). In dieser zeigt ein Chro-

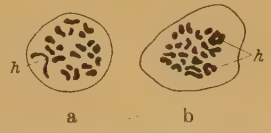


Fig. 1. a Spermiogonie (Ursamenzelle) mit 21, b Oogonie (Ureizelle) mit 22 Chromosomen von der Hausgrille (*Gryllus domesticus*). *h* Heterochromosom. Vergr. 1040:1. Nach *Gutherz* (1908), a leicht modifiziert.

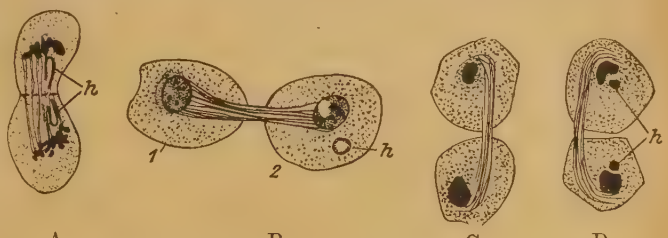


Fig. 2. Stadien aus der Samenbildung der Hausgrille (*Gryllus domesticus*). Vergr. 1490:1. A Spermiogonie (Ursamenzelle) in Teilung mit Heterochromosom (*h*). B Teilung der Spermiocyte (Samenmutterzelle) in 2 Präspermiden (Samentochterzellen) 1 und 2, von denen nur 2 das Heterochromosom *h* empfängt, das sich in ein eigenes Kernbläschen umgewandelt hat. C Teilung der Präspermide 1 ohne Heterochromosom in 2 Spermiden (Samenenkelzellen) *ohne Heterochromosom*. D Teilung der Präspermide 2 mit Heterochromosom in 2 Spermiden *mit Heterochromosom* (*h*). Nach *Gutherz* (1906) aus *O. Hertwig*, Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte.

---

[1]) Daß dies sicher nicht ganz streng zutrifft, geht aus Beobachtungen von *Giuseppe Levi* hervor.

[2]) Mit „Syncytium" bezeichnet man eine zusammenhängende Protoplasmamasse ohne Ausprägung von Zellgrenzen, die zahlreiche Zellkerne enthält.

[1]) Als *Chromosomen* werden die stark färbbaren Körperchen bezeichnet, welche bei der indirekten Zellkernteilung (*Mitose*) sich aus dem Kerngerüst entwickeln und dann in den Äquator der bekannten Spindelfigur eintreten, wo sie in der Regel einer Teilung in gleich große Stücke unterliegen. *Chromatin* ist der konventionelle Ausdruck für einen weder chemisch noch morphologisch ganz scharf charakterisierten Bestandteil des Kerngerüstes und der Chromosomen, dem gegenüber sich gewisse Färbungen elektiv verhalten. „Chromatin" in diesem Sinne kann auch an anderen Stellen des Kernes und im Protoplasma angetroffen werden, wobei aber natürlich seine völlige Identität mit dem erstgenannten zweifelhaft bleibt. Die Chromosomen werden von vielen Forschern als die wichtigsten Träger der Vererbungstendenzen betrachtet.

[2]) In der Samenentwicklung oder *Spermiogenese* unterscheiden wir die folgenden genetisch (durch Mitose) aufeinander folgenden Zellformen: *Spermiogonien* (Ursamenzellen), *Spermiocyten* (Samenmutterzellen), *Präspermiden* (Samentochterzellen), *Spermiden* (Samenenkel- oder einfach Samenzellen); letztere gehen durch bloße histologische Umbildung in die reifen Samenelemente, die *Spermien*, über, welche meist als Samenfäden auftreten. Von der Eientwicklung oder *Oogenese* wird im Text nur die Generation der *Oogonien* (Ureier) erwähnt. Die reifen Keimzellen werden allgemein als *Gameten*, ihre Vereinigung durch die Befruchtung als *Zygote* bezeichnet.

mosom ein besonderes Verhalten, weshalb es als *Heterochromosom* (*h*) bezeichnet zu werden pflegt: es erscheint (neben anderen Eigentümlichkeiten) in der Spermiogonie (Fig. 1a und Fig. 2, A) gegenüber den 20 gewöhnlichen, gedrungen gebauten Chromosomen als lang ausgezogene, abweichend färbbare Chromatinschleife und gelangt in der hier als Reduktionsteilung[1]) geltenden Spermiocytenmitose, in die nach der herrschenden Meinung die übrigen Chromosomen paarweise verbunden eintreten und daselbst in ihre Komponenten wieder zerlegt werden, seiner unpaaren Natur entsprechend ungeteilt in die eine Tochterzelle (Heterokinese[2]), Fig. 2, B_2). Es entstehen so zwei in genau gleicher Zahl auftretende Sorten von Präspermiden (Fig. 2, B_1 und $_2$) und weiterhin von Spermiden (Fig. 2, C und D) und damit auch von reifen Spermien (mit 10 bzw. 11 Chromosomen), bei denen aber natürlich infolge der Verklumpung des Chromatins im Spermienkopf der Unterschied nicht mehr festgestellt werden kann. Die reifen Eizellen werden dagegen entsprechend der geraden Chromosomenzahl (22) der Oogonie (Fig. 1 b) sämtlich den gleichen Chromosomensatz (11) empfangen und bei der Befruchtung mit einem chromosomenärmeren Spermium die männliche Chromosomenzahl (21), also ein männliches Individuum, bei Befruchtung mit einem chromosomenreicheren Spermium die weibliche Chromosomenzahl (22), also ein weibliches Individuum ergeben. Für Insekten ist der Nachweis, daß durch die Befruchtung mit verschiedenwertigen Spermien die verschiedene Chromosomenkonstitution der Geschlechter hergestellt wird, noch nicht völlig lückenlos erbracht. Dagegen ist dies bereits für einige Fadenwürmer erreicht, am schönsten durch *Mulsow* (1912) für *Ancyracanthus cystidicola*, wo sich der gesamte Chromosomenzyklus in völlig einwandfreier Weise verfolgen läßt. Wir sind daher berechtigt, die besonderen Chromosomen, welche die morphologische Verschiedenheit männlicher und weiblicher Kerne primär bedingen und nicht etwa erst im Laufe von deren Generationen in die Erscheinung treten, als *Geschlechtschromosomen* zu bezeichnen. Sehr zweckmäßig ist auch für diese Gebilde der Ausdruck „X-Chromosomen". Im Falle von *Gryllus domesticus* und zahlreichen sich analog verhaltenden Tierformen würde also das Weibchen zwei X-Chromosomen, das Männchen nur ein X-Chromosom besitzen[1]).

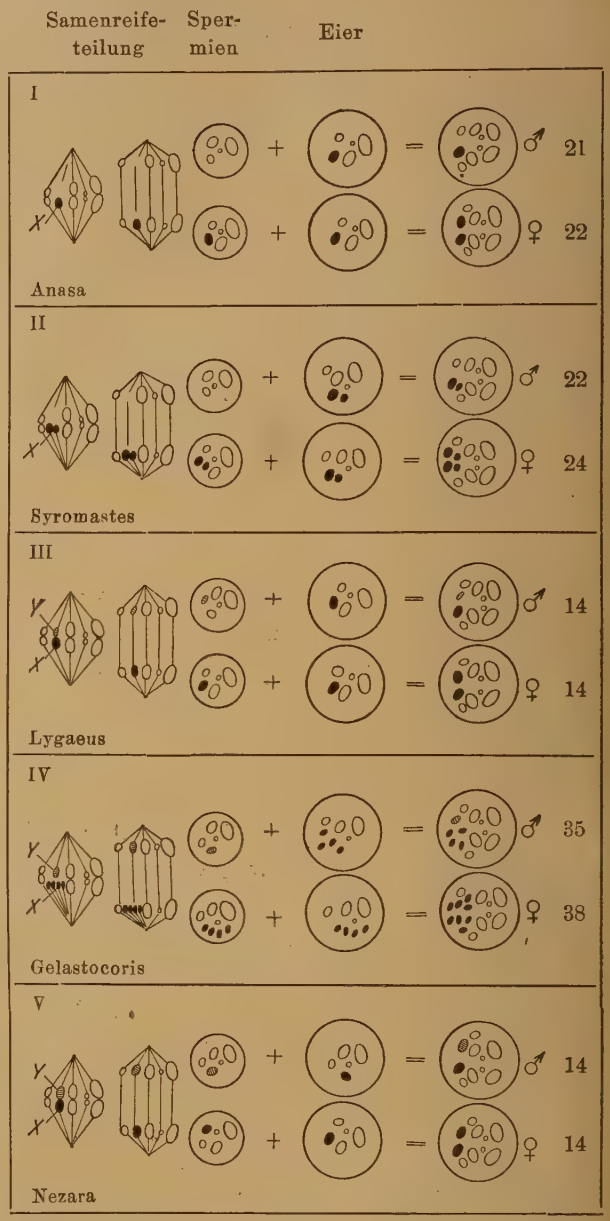


Fig. 3. Schema verschiedener Geschlechtschromosomentypen bei Schnabelkerfen (Digametie des Männchens). Die Chromosomenzahl ist der Einfachheit halber vermindert, rechts ist stets die wirkliche Normalzahl der Chromosomen für beide Geschlechter angegeben. Nach *E. B. Wilson* (1909).

[1]) Die sowohl in der Samen- wie in der Eibildung auftretende, vor allen übrigen Mitosen durch besondere Züge ausgezeichnete *Reduktionsteilung* hat ihren Namen daher, weil durch sie die Chromosomenzahl (in Vorbereitung für die Befruchtung) auf die Hälfte reduziert wird (Übergang der normalen oder diploiden Zahl in die für die reifen Keimzellen charakteristische haploide).

[2]) *Heterokinese* bedeutet abweichendes Verhalten von Chromosomen auf dem Höhepunkte der Mitose, während des eigentlichen Teilungsvorganges.

[1]) Eine fast nur den Grylliden zukommende Besonderheit ist die abweichende Gestalt und Färbbarkeit des X-Chromosoms in der Spermiogonie (Fig. 1 a, *h*) gegenüber den ebenso gedrungen wie die übrigen gebauten X-Chromosomen (Fig. 1 b, *h*) der Oogonie. Bei fast allen sonst untersuchten Formen ist auch das X-Chromosom der Spermiogonie den übrigen in seinem Bau ähnlich, wenn auch öfter durch besondere Größe ausgezeichnet. Diese Eigentümlichkeit der Gestalt des X-Chromosoms ist im Chromatinzyklus des Gryllusmännchens ausschließlich auf das Stadium der Spermiogonien beschränkt.

Kompliziertere Typen von Geschlechtschromosomen finden wir auf Fig. 3 mit dem zuerst besprochenen Typus (I) zusammengestellt. Wir können hier im Schema die mit Heterokinese einhergehende Samenreifungsteilung, die Bildung der beiderlei Arten von Spermien und der nur in einer Sorte erscheinenden Eier sowie ihr Zusammentreten zu Zygoten von zweierlei Konstitution verfolgen. In Fall II besteht das X-Chromosom aus zwei etwas verschieden großen Teilchromosomen, das Weibchen hat daher hier zwei Chromosomen mehr als das Männchen. In Fall III steht dem X-Chromosom ein kleines Chromosom als Partner gegenüber, das wir passend als Y-Chromosom bezeichnen, die Heterokinese besteht demnach darin, daß zwei verschieden große Teilstücke einer Chromatinmasse nach den Spindelpolen zu auseinanderweichen: Männchen und Weibchen haben jetzt zwar gleiche Chromosomenzahl, aber doch eine verschiedene Chromosomenkonstitution, indem das Weibchen zwei X-Chromosomen, das Männchen nur ein X-Chromosom und daneben das kleine Y-Element empfängt. Eine Modifikation des X-Y-Typus zeigt Fall IV, wo das X-Chromosom in vierteiliger Form auftritt und daher das weibliche Geschlecht drei Chromosomen mehr besitzt. Besonders wichtig ist endlich Fall V. Hier sind X- und Y-Chromosom von annähernd gleicher Größe und, wüßte man nicht, daß in manchen Zellen des gleichen Individuums doch ein geringer Größenunterschied zwischen den beiden Chromosomen besteht und vor allem die betreffende Tierart mit typischen X-Y-Chromosomenträgern durch Übergänge verbunden ist und auch das sonstige eigenartige Verhalten jener Chromosomen ganz ähnlich wie bei diesen ist, so würde man, bei isolierter Betrachtung dieses Befundes, nicht darauf kommen können, hier Geschlechtschromosomen zu vermuten. So aber werden wir nicht fehlgehen, wenn wir in diesem Falle eine bloß physiologische Differenz zwischen X- und Y-Chromosom annehmen; wir werden auch sozusagen von einer physiologischen Heterokinese sprechen dürfen. Wir sehen also, daß unter Umständen Geschlechtschromosomen kaschiert, nicht ohne weiteres kenntlich auftreten können. Nicht dargestellt auf unserem Schema ist ein Verhalten, das an Fall IV anschließt: hier übertrifft das Y-Chromosom an Masse deutlich das aus 5 Einzelchromosomen zusammengesetzte X-Element, das Weibchen hat demnach eine um 4 höhere Chromosomenzahl, jedoch eine kleinere Chromatinmasse als das Männchen.

Die bisher vorgeführten Typen von Geschlechtschromosomen-Trägern besitzen das Gemeinsame, daß stets das männliche Geschlecht zwei in bezug auf die Kernkonstitution verschiedene Sorten von Gameten hervorbringt oder, wie man das auch bezeichnet hat, digametisch ist. Längere Zeit schien es, daß die zweite, von vornherein ebensogut denkbare Möglichkeit, nämlich eine entsprechende Digametie des Weibchens, in der Natur nicht realisiert sei. Da machte *Seiler* 1917 die wichtige Beobachtung, daß bei gewissen Schmetterlingen die sozusagen spiegelbildliche Umkehr des auf unserer Fig. 3 als Fall I dargestellten Geschlechtschromosomentypus vorkommt: hier besitzt also das Männchen zwei X-Chromosomen, das Weibchen nur ein X-Chromosom, und dementsprechend werden durch Heterokinese in einer der oogenetischen Reifungsteilungen zwei in ihrem Kernbau verschiedene Eisorten erzeugt, während das Männchen seiner Chromosomenkonstitution entsprechend homogametisch ist.

Das Gesamtergebnis der Geschlechtschromosomenbefunde ist in der beifolgenden Tabelle übersichtlich zusammengestellt. Klasse A umfaßt die meisten bisher bekannten Geschlechtschromosomenträger, Klasse B vorläufig nur die Schmetterlinge. Als Repräsentant der Klasse A ist nur der einfachste X-Chromosomentypus aufgeführt, womit ja das Prinzipielle des Verhaltens genügend charakterisiert ist.

Die zeitliche Beziehung der Geschlechtschromosomen zur Geschlechtsdifferenzierung ist, wie wir gesehen haben, völlig sichergestellt. Besteht nun auch eine kausale Beziehung, spielen mit anderen Worten die Geschlechtschromosomen eine wesentliche Rolle bei der Geschlechtsbestimmung? Diese Frage ist nicht leicht zu beantworten. Wir wissen aus Beobachtungen, auf die ich hier nicht näher eingehen kann, mit Bestimmtheit, daß die charakteristische, mit der Geschlechtsdifferenzierung einhergehende Verteilung der Geschlechtschromosomen in gewissen Fällen durch besondere Faktoren geregelt wird, die wir also als primäre Faktoren der Geschlechtsbestimmung zu betrachten haben. Das braucht uns natürlich nicht zu hindern, dennoch in den Chromosomen ein sehr wichtiges, vielleicht entscheidendes Moment der Geschlechtsdeterminierung zu erblicken, gewissermaßen die conditio sine qua non dieses Vorganges. Daß aber diese kausale Beziehung keinesfalls eine einfache sein kann, geht daraus hervor, daß weder die größere Chromatinmasse noch die größere Chromosomenzahl für ein bestimmtes Geschlecht charakteristisch ist (vgl. den oben im Anschluß an Typus IV der A-Klasse besprochenen Fall sowie die B-Klasse der Geschlechtschromosomenträger). Wollen wir daher vorsichtig verfahren, so werden wir *V. Haecker* recht geben, wenn er seine „Index"hypothese von 1907, wonach die Heterochromosomen lediglich die bereits vollzogene Geschlechtsbestimmung anzeigen, jetzt in den Vordergrund stellt.

Es sei jedoch, wenigstens in aller Kürze, eines geistvollen Versuches gedacht, trotz den hier waltenden Schwierigkeiten eine einheitliche kausale Interpretation der Geschlechtschromosomen zu geben (*Morgan-Goldschmidt*sche Hypothese), zumal *Goldschmidt* soeben auf Grund seiner wichtigen experimentellen Studien über Intersexualität zur Geschlechtschromosomenlehre Stellung

Übersicht der beiden Klassen von Geschlechtschromosomenträgern (h bedeutet Heterochromosom).

	Männchen	Weibchen	Befruchtung
A. Geradflügler, Schnabelkerfe, Fadenwürmer u. a.	digametisch, erzeugt 50 % Sp. mit h; 50 % Sp. ohne h	homogametisch, erzeugt 100 % Eier mit h	+ ⊙ = ♀; + ⊙ = ♂
B. Schmetterlinge	homogametisch, erzeugt 100 % Sp. mit h	digametisch, erzeugt 50 % Eier mit h; 50 % Eier ohne h	+ ⊙ = ♂; + ○ = ♀

genommen hat. Die Anschauung der genannten Autoren — die sie unabhängig voneinander entwickelten — geht von den bedeutsamen Tatsachen der sogen. geschlechtsgebundenen Vererbung aus, die durch den Erbgang gewisser, an sich nicht sexueller Charaktere Digametie des einen oder des anderen Geschlechtes erwiesen, und die Geschlechtschromosomen wurden jetzt als Träger eben dieser Merkmale verbunden mit Faktoren der Geschlechtsbestimmung gedeutet; ermöglicht wurde diese Betrachtungsweise indessen, wie hier nicht weiter ausgeführt werden kann, nur durch den Kunstgriff, daß männliche und weibliche Geschlechtsfaktoren[1]) nicht im Geschlechtschromosomenmechanismus allein lokalisiert, sondern voneinander getrennt und zum Teil einem gewöhnlichen Chromosomenpaar zuerteilt wurden. Im einzelnen erblickt *Goldschmidt*, wie ebenfalls nur angedeutet werden kann, in den Geschlechtschromosomen einen Apparat, der vermittelst chemischer (vielleicht enzymatischer) Wirkungen den Geschlechtscharakter eines Organismus reguliert. Es ist nun recht bemerkenswert, daß das Vorkommen der A- und B-Klasse von Geschlechtschromosomen führenden Organismen, das bei Verlegung der Geschlechtsfaktoren in die betreffenden Chromosomen als ganze für eine kausale Interpretation sehr störend ist, sich der *Morgan-Goldschmidt*schen Hypothese ausgezeichnet einfügt, ja von ihr geradezu postuliert wird: geschlechtsgebundene Vererbung deutet nämlich in der Mehrzahl der Fälle (so auch beim Menschen) auf Digametie des Männchens, manchmal aber auch auf eine solche des Weibchens, und gerade die sich in der zweiten Weise verhaltenden Schmetterlinge gehören der B-Klasse an, in der chromosomale Digametie des Weibchens erwiesen ist. Diese Übereinstimmung hat zweifellos etwas Bestechendes und legt die Hoffnung nahe, daß dem Versuch, den Chromosomenapparat in den Mittelpunkt des Geschlechtsbestimmungsvorganges zu stellen, eine allgemeinere Bedeutung zukomme. Es darf aber nicht verkannt werden, daß diese Anschauung, insbesondere in ihrer Ausgestaltung durch *Goldschmidt*, mit auffallend vielen Hilfshypothesen belastet ist. Ohne auf Einzelheiten einzugehen, sei nur darauf hingewiesen, daß *Goldschmidt* ein anderes Verhältnis zwischen der „Potenz" der männlichen und der der weiblichen Geschlechtsfaktoren für die A-Klasse als für die B-Klasse annimmt und daß er neuerdings für die beim Studium der Intersexualität verwendeten Varietäten des Schwammspinners (*Lymantria dispar*) gezwungen ist, die weiblichen Geschlechtsfaktoren ausschließlich von der Mutter (wahrscheinlich im Protoplasma) vererben zu lassen. Dabei sind trotz so vielen Hilfsannahmen nicht einmal alle Erscheinungen an den Geschlechtschromosomen erklärt: es bleibt z. B. völlig unverständlich, warum bei den Grylliden (Fig. 1) das Heterochromosom, das nach der diskutierten Theorie Träger des weiblichen Geschlechtsfaktors ist, gerade in der Spermiogonie, also beim Männchen, eine so stark abweichende,

[1]) Unter „Geschlechtsfaktoren" sind im folgenden stets geschlechtsbestimmende Mendelfaktoren zu verstehen, von ihnen verschieden sind in der von uns besprochenen Hypothese die Erbfaktoren für die accidentalen oder sekundären Geschlechtscharaktere. Für jedes Individuum werden sowohl männliche wie weibliche Faktoren beiderlei Art angenommen, die aber vermöge des Chromosomenapparats in den Geschlechtern in verschiedener Weise ausbalanciert sind. Jedes Individuum ist also im Grunde doppelgeschlechtlich und das Wesen der normalen Geschlechtsdifferenzierung besteht darin, dem einen Geschlecht das Übergewicht zu verleihen und das andere in einen Latenzzustand zu versetzen.

offenbar mit einer besonderen Funktion verbundene Gestalt annimmt. Wir halten daher die *Morgan-Goldschmidt*sche Hypothese zwar für sehr beachtenswert und anregend, werden uns aber ihr gegenüber, solange nicht weitere tatsächliche Feststellungen zu ihren Gunsten beigebracht sind, eine gewisse Zurückhaltung auferlegen müssen.

Die kausale Betrachtung der Geschlechtschromosomen ist auch für unser spezielleres Thema von Bedeutung. Denn nur von ihr aus ist es möglich, zu der Frage Stellung zu nehmen, ob wir in der durch Heterochromosomen bedingten verschiedenen Kernbeschaffenheit der Geschlechter den Ausdruck der oben (Seite 878) postulierten morphologischen zellulären Geschlechtsverschiedenheit, also gewissermaßen im Dienste der Geschlechtskonstitution eines Organismus stehende funktionelle Strukturen zu erblicken haben. Vom Standpunkt der „Index"-Hypothese aus wird diese Frage natürlich zu verneinen sein. Aber auch die an zweiter Stelle betrachtete Anschauung führt bei genauerem Durchdenken zu dem gleichen Ergebnis. Die Geschlechtschromosomen sind ja hier ein kausaler Faktor, der den Ausschlag für das Sichdurchsetzen eines bestimmten Geschlechtes gibt, erst als Folge ihrer Wirkung kann daher die gesuchte funktionelle Struktur auftreten. Damit hängt zusammen, daß nach dieser Theorie keineswegs mit einer bestimmten Chromosomenkombination unter allen Umständen ein bestimmtes Geschlecht verknüpft sein muß, vielmehr bei besonderen, experimentell beherrschbaren Bedingungen (gewisse Bastardierungen, Einwirkung abnormer Geschlechtshormone) das entgegengesetzte Geschlecht mehr oder weniger (Intersexualität) oder ganz zum Durchbruch kommen kann. Diesen Schwankungen der Sexualität muß auch die postulierte funktionelle Struktur folgen, während — im Sinne der diskutierten Theorie — die Chromosomen einen morphologisch starren Apparat darstellen, der nur infolge der bei den besonderen Verhältnissen abgeänderten Potenzen der Geschlechtsfaktoren seine normale Abgestimmtheit einbüßt und so zum Anlaß einer sexuellen Labilität wird. Dagegen würden Beziehungen zwischen Zellengröße und Geschlecht, falls sie sich in weiterem Umfange bestätigen sollten, den an funktionelle Strukturen zu stellenden Anforderungen gut entsprechen, da ja Schwankungen der Zellengröße im Gefolge verschiedener Geschlechtsdeterminierung leicht vorstellbar sind und nach *v. d. Malsburgs* Angaben über die Zellengröße bei Kastraten bereits erwiesen wären. Es wäre aber empfehlenswert, die Zelle noch nach anderen hier in Betracht kommenden Strukturen zu durchforschen und etwa die eingangs erwähnten theoretischen Ideen über morphologische Bisexualität der Zelle oder Kernplasmarelation durch ausgedehnteres Beobachtungsmaterial in diesem Sinne zu verwerten.

IV.

Wir überblicken nunmehr ein genügend großes tatsächliches und theoretisches Gebiet, um die Bedeutung der Frage ganz zu würdigen, ob der Mensch zwei Arten von Samenfäden besitze. Im Hinblick auf die zytologischen und vererbungsexperimentellen Ergebnisse, deren Zusammenklang in dem *Morgan-Goldschmidt*schen Hypothesenbau einen so anziehenden Ausdruck gefunden hat, könnte leicht die Meinung von einer allgemeineren Verbreitung des Geschlechtschromosomenapparates aufkommen, der, wo nicht morphologisch direkt nachweisbar, doch als physiologisch vorhanden zu postulieren sei (vgl. hierzu Typus V der A-Klasse auf Fig. 3). Vor einer solchen Verallgemeinerung ist indessen auf Grund unserer Kritik an jener Theorie entschieden zu warnen. Es wird vielmehr darauf ankommen, gerade ihre wichtigste tatsächliche Grundlage möglichst gut zu fundieren. Unter diesem Gesichtspunkt sind neue Untersuchungen am Menschen besonders zu begrüßen. Denn weder für ihn noch für die Säuger im allgemeinen sind bisher wirklich sichere Befunde von Geschlechtschromosomen oder Heterochromosomen überhaupt erhoben worden[1]).

Diese Lage der Dinge erklärt sich, abgesehen von der meist geringen Zellengröße der Säuger, die ein tiefergehendes Studium von vornherein erschwert, besonders durch zwei Umstände. Einmal zeigen sich im fixierten Präparat, auf das wir in erster Linie angewiesen sind, die Chromosomen während der Mitosen sehr dicht zusammengedrängt und in der Äquatorialplatte einander häufig überlagernd, so daß eine genaue Zählung derselben sowie eine exakte Beschreibung ihrer Gestaltverhältnisse sich nur in den seltensten Fällen ermöglichen läßt — ganz im Gegensatz zu den für derartige Studien außerordentlich geeigneten Insekten. Zum Teil steht mit diesen Verhältnissen wahrscheinlich auch das häufige Vorkommen aberranter Chromosomen im Zusammenhang, auf das noch zurückzukommen sein wird. Es ist klar, daß hierdurch die vollständige Ermittlung des Chromosomenzyklus einer Spezies, auf welche wir vor allem den Nachweis von Geschlechtschromosomen zu stützen haben, aufs äußerste erschwert wird. Wir sind daher beim Suchen nach Heterochromosomen auf mehr indirekte Kriterien angewiesen, wie sie in einem etwaigen Sonderverhalten gewisser Chromosomen außerhalb des Höhestadiums der Mitose, also in den Vor- und Nachphasen dieser und in der Kernruhe, gegeben sein könnten. Hier stoßen wir nun auf einen weiteren Punkt, der das Unbefriedigende der bisherigen Heterochromosomenliteratur erklärt: den Mangel an Vollständigkeit der untersuchten Stadien und an exakter Seriierung derselben. Während aber in bezug auf die

[1]) Auch die bisher nur spärlichen Angaben über Heterochromosomen bei sonstigen Vertebraten erscheinen nicht genügend bewiesen.

Fixation der Säugerchromosomen wohl Anregungen vorliegen, aber noch keine wirkliche Abhilfe geschafft ist, ist die Frage der Seriierung der Stadien bereits für einige Säuger vollständig gelöst, jedoch dieses wichtige Ergebnis bisher noch nicht für die Heterochromosomenfrage ausgewertet worden. Ich habe es daher unternommen, die Spermiogenese der weißen Maus mittels jener exakten Methode auf Heterochromosomen zu untersuchen, und möchte an dieser Stelle in aller Kürze das Ergebnis meiner Arbeit mitteilen[1]).

Fig. 4 führt uns an einem für die Maus entworfenen Schema das zum Zwecke der Seriierscheiden. Ich habe nun in unserer Figur drei mehr oder weniger weit voneinander abliegende Stadien (3, 5 und 11 in der Bezeichnungsweise *Regauds*) in einen und denselben Hodenkanälchenquerschnitt eingesetzt, während in Wirklichkeit in einem solchen Querschnitt nur sehr nahestehende Stadien angetroffen werden, weil sich nur bei dieser Anordnung ein anschauliches, sämtliche Entwicklungsschritte der Samenzelle durch eine kontinuierliche Linie verbindendes Schema herstellen läßt. Wenn wir nämlich die dem Samenepithel überzeichnete punktierte, nach Art einer Uhrfeder spiralig verlaufende Linie von

Fig. 4. Schema zur Samenentwicklung der weißen Maus. Die über das Samenepithel gezeichnete Spirallinie verbindet genetisch aufeinanderfolgende Zellreihen. 3, 5 und 11 bezeichnen das Stadium des Samenepithelsektors nach *Regaud*. *S Sertolische* oder Fußzelle (außerhalb der Geschlechtszellenlinie stehend, hauptsächlich der Ernährung der jungen Spermien dienend), *I* Spermiogonie (Ursamenzelle) vom Staubkerntypus, *II* Spermiogonie vom Krustenkerntypus (in Mitose), *IIIa* jüngste Spermiocyte oder Samenmutterzelle (aus der Mitose von *II* hervorgehend), *IIIb—e* Spermiocyte in der Wachstumsperiode, *IIIf* Spermiocyten-Mitose, *IVa—d* Spermide (Samenenkelzelle) in der Entwicklung bis zum nahezu reifen Spermium (Samenfaden), dem nur noch der plasmatische Restkörper anhaftet. Die Präspermide (Samentochterzelle) und ihre Mitose gehört in das Stadium 6, ist daher im Schema nicht zu sehen.

rung der Stadien angewandte Verfahren vor, wie es *Regaud* in besonders vorbildlicher Weise bereits 1901 bei der Ratte durchgeführt und treffend als „topographische Histologie" des Samenepithels bezeichnet hat. Bei der Maus lassen sich in ganz ähnlicher, wenn auch im einzelnen etwas abweichender Weise, wie es *Regaud* bei der Ratte gefunden hat, zweckmäßig 12 Stadien[2]) unterihrem Beginn im Stadium 5 bei Zelle *I* bis zu ihrem Ende in Stadium 11 bei *IV d* verfolgen, so haben wir einen Überblick über die Entwicklung fast sämtlicher spermiogenetischer Zellgenerationen gewonnen (es fehlt nur die sogenannte Präspermide, die im Stadium 6 durch die zweite Reifungsteilung gebildet wird) und vor allem, das Prinzip des ganzen Prozesses: die außerordentliche Präzision des spermiogenetischen Rhythmus erfaßt. Denn daß sich entlang der Spirallinie alle Schritte des Samenbildungsvorganges in völlig exakter Seriierung aufreihen, ist, wie eine nähere Überlegung zeigt, nur dadurch möglich, daß die sich während ihrer Ausbildung

[1]) Eine ausführliche Darstellung meiner Beobachtungen wurde bereits Ende Juni 1919 abgefaßt, aber aus äußeren Gründen noch nicht dem Druck übergeben. Hier findet sich auch eine nähere Besprechung der Literatur.

[2]) Mit dem Wort „Stadium" ist hier der Zustand eines ganzen Kanälchensektors gemeint.

von der Kanälchenwand allmählich nach dem Kanälchenlumen zu vorschiebenden Samenelemente stets unter sich den gleichen Entwicklungsabstand bewahren: mit anderen Worten, wir finden normalerweise innerhalb irgendeines Kanälchensektors ganz bestimmte Zellformen einander zugeordnet, z. B. mit einem bestimmten histogenetischen Ausbildungsgrad des jungen Spermium stets eine Spermiocyte von bestimmter Größe und Kernstruktur vergesellschaftet. Wie sich an unserem Schema, betreffs dessen weiterer Einzelheiten auf die beigegebene Erklärung verwiesen sei, aus der Zahl der Umgänge der Spirale in dem betreffenden Bezirk annähernd ablesen läßt, gelingt es bei der Maus, 18 Entwicklungsschritte der für uns besonders wichtigen Spermiocyte zu unterscheiden und mit völliger Sicherheit zu seriieren. Mit dem geschilderten, äußerst exakten Rhythmus der Spermiogenese in der Richtung von der Kanälchenwand nach dem Kanälcheninneren zu scheint in der Regel ein zweiter Rhythmus verbunden zu sein, der den Ablauf der spermiogenetischen Welle in der Längsrichtung des Kanälchens beherrscht und in Form eines eng gewundenen Spiralbandes fortschreitet; er sei nur beiläufig erwähnt, da für den Zweck der genauen Seriierung praktisch vor allem der erst besprochene Rhythmus in Betracht kommt.

Ob auch beim Menschen die Spermiogenese mit so weitgehender Präzision abläuft, muß noch als fraglich bezeichnet werden. Nur ein einziger Autor macht Angaben, aus denen zu entnehmen ist, daß er auch hier die beiden besprochenen Rhythmen angetroffen habe, allerdings ohne jede nähere Beschreibung und Abbildung und mit dem Zusatz, daß die Vorgänge sich etwas weniger regelmäßig abspielten, ein anderer vermißt das typische Fortschreiten der spermiogenetischen Welle längs des Hodenkanälchens, läßt dagegen aber damit zusammen, daß vom Menschen, wie leicht begreiflich, bisher noch kein einwandfreies Material gewonnen wurde. Erst kürzlich wurde von pathologischer Seite besonders darauf hingewiesen, ein wie feines Reagens auf ungünstige Bedingungen wie etwa Infektionskrankheiten oder schlechten Ernährungszustand das Samenepithel darstellt. Es wird für einen Untersucher der Heterochromosomenfrage beim Menschen eine wichtige Aufgabe sein, diesen Verhältnissen auf den Grund zu gehen, da mit ihnen die Möglichkeit einer wirklich genauen Seriierung aufs engste verknüpft ist.

Meine Beobachtungen an der Maus haben ein positives Resultat ergeben[1]), und zwar für die sogen. Spermiocytenperiode, also diejenige Zellform, welche durch beträchtliches Wachstum ausgezeichnet ist, nach dessen Vollendung sie in das Stadium der Reifeteilungen eintritt.

Fig. 5 a und b zeigt uns die Spermiocyte etwa in der Mitte ihres Wachstumsprozesses (im 9. der

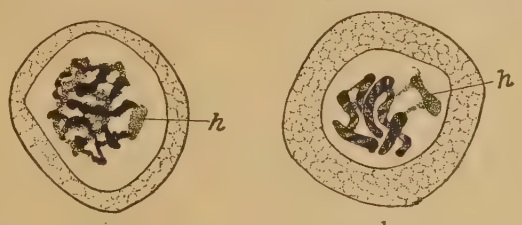


Fig. 5a und b. Spermiocyte (Samenmutterzelle) der weißen Maus im 9. Entwicklungsschritt. Vergr. 1860:1. Entstehung des Heterochromosoms (*h*) durch Kondensation eines Teils des Chromatinfadens. In *b* ist die nicht immer sichtbare Spiralstruktur des Chromatinfadens wiedergegeben. Halbschematisch.

an ihr zu unterscheidenden 18 Entwicklungsschritte), und wir sehen, wie hier (selten schon im 8. Entwicklungsschritt) ein Teil des Kernfadens sich zu einem kompakten Körperchen verdichtet,

Fig. 6. Schema zur Entwicklungsgeschichte des Heterochromosoms in der Spermiocyte (Samenmutterzelle) der weißen Maus (von seiner Entstehung bis zum Diakinesestadium der Spermiocyte). In *a*, *f* und *l* ist ein ganzer Spermiocytenkern zur Darstellung gebracht, in den übrigen Stadien nur das Heterochromosom mit einem Stück der Kernmembran. Schwarz gehalten ist basophile Substanz (Chromatin), weiß acidophile (echte Nucleolarsubstanz). Schraffierung bedeutet färberische Zwischenreaktion, hierbei ist der allmähliche Übergang von der basophilen zur ausgebildeten Zwischenreaktion im Schema nicht zum Ausdruck gebracht.

den Entwicklungsrhythmus in der Richtung von Kanälchenwand zu dessen Lumen erhalten sein, ein dritter schließlich vermißt jeden ausgeprägten Rhythmus. Auch ich habe nach dem mir bisher vorliegenden Material (6 Fälle) den Eindruck, daß die menschliche Spermiogenese bei weitem nicht so exakt verläuft wie bei denjenigen Säugetieren, für die bereits die topographische Histologie des Samenepithels durchgeführt wurde (Ratte, Pferd, Hund) und wie ich sie soeben für die Maus geschildert habe. Vielleicht hängt das sich im weiteren Entwicklungsverlauf mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit als Chromosom dokumentiert und, da es sich abweichend von den übrigen Kernfadenteilen verhält, als Heterochromosom (*h*) zu bezeichnen ist. In Fig. 6 (*b*—*e*) können wir die Geschichte die-

[1]) Die Angabe *H. E. Jordans* (1914), der ebenfalls in der Spermiogenese der Maus ein Heterochromosom beschrieben hat, gründet sich auf völlig unzureichende Beobachtungen, wie in meiner ausführlichen Mitteilung eingehend dargelegt wird.

ses Gebildes bis zum letzten Entwicklungsschritt der Spermiocyte vor dem Eintreten in die erste Reifeteilung verfolgen. Wir sehen, wie es nach Abtrennung von dem Kernfaden, mit dem es auf Fig. 5 b nur noch durch zarte Verbindungsstränge zusammenhängt, sich der Kernmembran anlagert (Fig. 6 b), wo es in einen besonderen, von Chromatinfäden freien Raum, eine Art Kammer, gelangt und nun weiterhin eine Umwandlung seiner Gestalt in einen linsenförmigen Körper (mit dem Kerninneren zugewandter stark konvexer Fläche) und bedeutendes Wachstum erfährt (*c*—*e*), um dann (gewöhnlich im 15. Entwicklungsschritt der Spermiocyte) an seiner Innenfläche echte Nucleolarsubstanz[1]) zunächst in Form eines kleinen Tröpfchens (in *f*), später in größerer Menge (*g*—*i*) auszuscheiden. Mit diesem Ausscheidungsprozeß geht eine Gestaltveränderung des Gebildes Hand in Hand, indem es aus der Linsenform in eine schmale (senkrecht zur Kernmembran gestellte) Zylinderform übergeht (*h*) und nach vollzogener Ausstoßung eines großen runden Nucleolus wieder eine gedrungenere, wenn auch nicht mehr linsenförmige Gestalt annimmt (*i*), so daß man den entschiedenen Eindruck bekommt, daß die Abtrennung des echten Nucleolus durch aktive Kontraktion des an der Kernmembran verbleibenden Restkörpers geschieht, den wir jetzt allein noch als Heterochromosom bezeichnen werden. Mit dieser Auffassung stimmen gut die Färbungsreaktionen, die der in seiner Geschichte von uns verfolgte Körper mittels der für die Unterscheidung von Chromatin- und echten Nucleolarsubstanzen spezifischen *Biondi*-Lösung (Modifikation von *Paul Ehrlichs* Triacidgemisch: Methylgrün, Säurefuchsin, Orange G) gibt: zunächst Methylgrün intensiv annehmend, also Chromatinreaktion aufweisend (Fig. 6 a und b), geht er durch ein blauviolettes Zwischenstadium (*c*) in Rötlichviolett über (*d*—*f*), um nach Ausscheidung größerer Mengen von Nucleolarsubstanz, die von Anfang an durch Aufnahme von Säurefuchsin leuchtendrot gefärbt wird, wieder ausgesprochene Chromatinreaktion zu erhalten (*g*—*l*). Sehr bemerkenswert sind nun die letzten Veränderungen, welche die chromosomale Komponente des von uns studierten Gebildes erfährt: sie nimmt die Gestalt eines Doppelstäbchens (*k*) und schließlich einer typischen Vierergruppe (*l*) an, während der echte Nucleolus noch im Zusammenhange mit ihr angetroffen wird oder ins Kerninnere wandert und offenbar bald der Auflösung anheimfällt. Mit diesen Vorgängen zugleich haben auch die übrigen Chromosomen Vierergruppenform angenommen (*l*, in sogen. Diakinesestadium, in welchem sich sämtliche Chromosomen an die Kernperipherie begeben, um bald in die eigentliche Prophase der ersten Reifeteilung überzugehen), sind aber noch weit weniger konzentriert als das Heterochromosom. Dieser Unterschied verliert sich weiterhin, so daß dann das Heterochromosom von den übrigen nicht mehr zu unterscheiden und auch während der Mitose nicht zu identifizieren ist, da hier (bis auf gewisse Ausnahmen, die noch zu besprechen sind und für unsere Frage nicht in Betracht kommen) kein Chromosom ein besonderes Verhalten zeigt. Das Schlußglied in der Beweiskette für die Chromosomennatur des von uns durch seine Geschichte verfolgten Gebildes wäre daher erst gegeben, wenn die genaue Chromosomenzahl sowohl in der Spermiocyten-Diakinese als auch während der ersten Reifeteilung festgestellt und als übereinstimmend ermittelt wäre, eine Untersuchung, die ich bisher noch nicht durchführen konnte und die wahrscheinlich nach dem oben Gesagten auf große Schwierigkeiten stoßen würde. Aber auch ohne dies erscheint mir der Schluß, daß wir es hier mit einem Chromosom zu tun haben, zwingend, da auch bei sorgfältigstem Nachforschen während der auf die Diakinese folgenden Stadien bis zum Höhepunkt der Mitose sich bei keinem Chromatinelement auch nur der geringste Anhaltspunkt für einen Degenerationsprozeß auffinden läßt, also auch der als Heterochromosom gedeutete Körper mit den übrigen in die Äquatorialplatte eintreten und dem mitotischen Prozeß unterliegen muß.

Die Beobachtungen an der Spermiocyte der Maus haben, abgesehen davon, daß hier überhaupt das Vorhandensein eines Heterochromosoms aufgedeckt wurde, ein besonderes Interesse. Einmal erscheint es bemerkenswert, die Genese eines echten Nucleolus aus einem Chromosom in allen Einzelheiten verfolgen zu können, sodann zeigt dieser Vorgang eine besonders starke Stoffwechseltätigkeit des betreffenden Chromosoms an, was sehr gut zu der von *R. Fick* 1907 ausgesprochenen Ansicht von einem eigenartigen Chemismus der Heterochromosomen stimmt, und schließlich ist mit unseren Feststellungen das Wesen des schon seit längerem bekannten und als rätselhaft betrachteten sogen. Intranuclearkörpers (bisher von Ratte, Maus und einigen anderen Säugern bekannt) aufgeklärt. Der Intranuclearkörper erwies sich nämlich als identisch mit unserem Heterochromosom, und es gelang mir, auch die Chromosomennatur des Intranuclearkörpers der Ratte durch eine vorläufige Untersuchung wahrscheinlich zu machen.

Während ich alle Einzelheiten meiner hier nur in den Grundzügen mitgeteilten Beobachtungen an der Maus der ausführlichen Abhandlung vorbehalten muß, möchte ich mit wenigen Worten noch auf die aberranten Chromosomen hinweisen, die ich in den Reifeteilungen, und zwar weit häufiger in der ersten (in ca. 20 % der Spermiocyten) als in der zweiten, zu Gesicht bekam. Es handelt sich um Chromatinelemente, die, abseits von den übrigen liegend, in der

[1]) Unter *Nucleolen* oder Kernkörperchen versteht man kompakte Gebilde im ruhenden oder sich zur Teilung vorbereitenden bzw. aus ihr hervorgehenden Zellkern. Sie werden eingeteilt in echte (acidophile, d. h. aus spezifischen Farbgemischen saure Farbstoffe annehmend) und chromatische (basophile, basischen Farbstoff annehmend). In Form der letzteren können Heterochromosomen auftreten, die einen anderen Konzentrationsgrad als die gewöhnlichen Chromosomen angenommen haben.

Regel einem Spindelpol genähert erscheinen in sehr variabler Zahl (von 1 bis ca. 4) auftreten und dabei ganz unregelmäßig auf die Spindelpole verteilt sind. Die Bedeutung der Erscheinung, die nach meiner Ansicht bei der Maus nicht auf Fehler der Fixationsmethoden zurückzuführen ist, ist schwierig zu erklären. Es darf auch nicht an der Möglichkeit vorübergegangen werden, daß wir es hier mit Vorgängen zu tun haben, die eine Inkonstanz der Chromosomenzahl anzeigen: die Frage nach der Konstanz der Chromosomenzahl bei den Säugern bietet ein besonderes Problem, das wir nur streifen können. Jedenfalls handelt es sich aber nicht um Vorgänge, die mit der Verteilung von Geschlechtschromosomen auf die Samenelemente in Zusammenhang stehen, während es andererseits sicher erscheint, daß derartige Bilder viele Autoren dazu bestimmt haben, Geschlechtschromosomen bei Vertebraten zu beschreiben. So hat *Guyer* für das Huhn ein X-Chromosom in der Spermiogenese angegeben, das einer äußerst sorgsamen Nachprüfung durch *Boring* und *Pearl* nicht standhalten konnte, welche zeigten, daß es sich hier um völlig inkonstante Befunde handelt. Auch konnte soeben *H. Poll* mitteilen, daß er bei verschiedenen Vogelarten und deren Mischlingen keinerlei Andeutung von Geschlechtschromosomen festzustellen vermochte. Ob übrigens das von uns bei der Maus aufgefundene Chromatinelement ein Geschlechtschromosom darstellt, muß noch als sehr fraglich bezeichnet werden. Verschiedene Gründe, die zum Teil außerhalb unserer abgekürzten Darstellung liegende Tatsachen betreffen, vor allem auch die Vierergruppengestalt des Gebildes in der Diakinese sprechen dafür, daß es sich um ein im Sinne der heute herrschenden Anschauung typisches bivalentes Chromosom, d. h. um ein wie die übrigen durch Konjugation zweier homologer Elemente entstandenes Chromosomenpaar handle, das sich entsprechend während der Reduktionsteilung in zwei morphologisch gleich beschaffene Komponenten zerlegen wird. Für seine Deutung als Geschlechtschromosom böte dann nur die Annahme Raum, daß diese Komponenten zwar morphologisch gleichwertig, aber physiologisch verschiedenwertig seien, wie wir es oben in dem Schema der Fig. 3 (Typus V) von einem Insekt kennen gelernt haben. Es darf aber nicht aus dem Auge verloren werden, daß es Heterochromosomen gibt, die keine Beziehung zum Geschlecht besitzen und dann gerade in der Weise, wie wir es für die Maus annehmen, als Chromosomenpaar mit homologen Komponenten auftreten (z. B. die sogen. Mikrochromosomen). Überhaupt ist die Heterochromosomenforschung ein noch zu junges Gebiet, um bereits eine Generalisierung der Ergebnisse zu gestatten, wir werden vielmehr gerade im Hinblick auf das in mancher Hinsicht eigenartige Verhalten des Heterochromosoms der Maus auf diesem Gebiet noch mancherlei Überraschungen zu erwarten haben und vielleicht mit der Auffindung neuer Typen rechnen dürfen.

Unsere Befunde an der Maus werfen Licht auf den bemerkenswerten basophilen (also Chromatinreaktion gebenden) Körper, den ich 1911 und eingehender 1912 in der Spermiocyte des Menschen neben mehreren echten Nucleolen beschrieben habe und dessen Deutung als Heterochromosom ich seinerzeit mit einem Fragezeichen versehen mußte. Das Gebilde ist seither von mehreren Seiten bestätigt worden, *Montgomery* meinte, daß bisweilen außer ihm noch ein kleinerer basophiler Körper vorhanden sei. Zweifellos hat nun der besondere Körper in der Spermiocyte des Menschen verschiedene Züge mit dem Heterochromosom der Maus gemeinsam, so die Vorliebe, mit der er in der Nähe der Kernmembran gelegen ist, sowie seine feinere Struktur, die sich, wenn auch lange nicht so deutlich wie bei der Maus, häufig als Doppelstäbchen und mitunter auch als Vierergruppe darstellt. Ich neige heute, auf Grund der Befunde an der Maus sowie weiterer Feststellungen am Menschen, welche die Entstehung des Gebildes in einem ähnlichen Stadium der Spermiocyte wie bei der Maus wahrscheinlich machen, entschieden dazu, den basophilen Körper des Menschen als Heterochromosom aufzufassen. Für seine etwaige Deutung als Geschlechtschromosom kommen aber dieselben Gesichtspunkte in Betracht, die wir soeben für die Maus erörtert haben.

Die sich vielleicht aufdrängende Frage, ob man bei den Säugern auch in der Oogenese nach etwaigen Geschlechtschromosomen gefahndet habe, läßt sich dahin beantworten, daß die einzige derartige Angabe, welche die Hauskatze betrifft, widerlegt werden konnte: es handelt sich hier um eigenartige Strukturen eines echten Nucleolus, die mitunter ein Heterochromosom vortäuschen (*Gutherz* 1918 und 1920). Die Erfahrungen mit der sogen. geschlechtsgebundenen Vererbung weisen ja auch von vornherein darauf hin, daß bei den Säugern das männliche Geschlecht als das digametische zu betrachten ist und man sich daher beim Suchen nach Geschlechtschromosomen in erster Linie an die Spermiogenese zu halten hat.

Ich beschließe unsere Betrachtung über die Beziehungen zwischen Geschlecht und Zellstruktur mit einigen kurz gefaßten Gesichtspunkten, die sich mir aus meinen Studien an der Maus sowie an einigen anderen Objekten für die weitere Bearbeitung der Frage nach dem Vorkommen von Geschlechtschromosomen bei den Vertebraten, insbesondere auch beim Menschen, ergeben haben:

1. Es ist zu beachten, daß die Phase, in der gewisse Chromosomen sich als Heterochromosomen manifestieren, verglichen mit dem Gesamtchromosomencyclus der betreffenden Art sehr stark eingeschränkt sein kann (bei der Maus erstreckt sie sich nur von der Mitte bis zum Ende der Spermiocytenperiode, während sie bei den Insekten meist schon mit der Spermiogonie beginnt und bis in die ersten Stadien der Spermiohistogenese reicht). Es könnten also bei noch weiterer Zusammenziehung dieser Phase Heterochromosomen leicht der Beobachtung entgehen.

2. Bei etwaiger Auffindung von besonderen Chromosomen ist stets die Frage sehr sorgfältig zu erwägen, ob es sich wirklich um Geschlechtschromosomen handelt oder etwa ein anderer Heterochromosomentypus vorliegt.

3. Es ist mit der Möglichkeit zu rechnen, daß sich die Geschlechtschromosomenfrage beim Menschen infolge der Ungunst des Objektes überhaupt nicht zur Entscheidung bringen läßt. Es ist daher wichtig, ein für dieses Studium besonders geeignetes Säugermaterial zu suchen. Der einwandfreie Nachweis von Geschlechtschromosomen bei einem Säugetier würde das Vorkommen solcher beim Menschen im höchsten Maße wahrscheinlich machen.

V.

Der hier üblichen Arbeitsrichtung entsprechend habe ich die Frage, ob der Mensch und die Wirbeltiere zwei Arten von Samenfäden besitzen, bisher nur vom morphologischen Standpunkt aus behandelt. Es ist aber klar, daß man auch in ganz anderer Weise an das Problem herantreten kann, indem man die Lebenseigenschaften der Samenfäden ins Auge faßt. In diesem Sinne spricht außer anderem die von *Correns* experimentell gut begründete Annahme, daß bei gewissen Pflanzen, welchen Pollenkörner mit männlicher und solche mit weiblicher Geschlechtstendenz zuzuschreiben sind, die letzteren eine bedeutend größere Vitalität besitzen und daher bei der Bestäubung von der Narbe her schneller zur Eizelle hin auswachsen; neuerdings konnte man an Bastarden das ungleich schnelle Auswachsen in ihrem Erbgut verschiedener Pollenkörner direkt unter dem Mikroskop beobachten. Es wäre daher wohl denkbar, daß auch bei den Samenfäden ähnliche Unterschiede vorkämen und es ermöglichten, etwa durch Einwirkung physikalischer oder chemischer Agentien auf das Sperma eine räumliche Sonderung ihrer anzunehmenden beiden Sorten zu erzielen. Auch andere experimentelle Anordnungen kämen in Betracht. Vielleicht könnte auf solche Weise die physiologische Methodik der morphologischen ergänzend zur Seite treten.

Literatur.

R. Goldschmidt, Intersexualität und Geschlechtsbestimmung. (Vorl. Mitt.) Biol. Zentralbl. Bd. *39*, 1919.

S. Gutherz, Zur Kenntnis der Heterochromosomen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. *69*, 1906. — Über Beziehungen zwischen Chromosomenzahl und Geschlecht. Zentralbl. f. Physiol. Bd. *22*, S. 61, 1908. — Über ein bemerkenswertes Strukturelement (Heterochromosom?) in der Spermiogenese des Menschen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. *79*, Abt. II, 1912. — Das Heterochromosomenproblem bei den Vertebraten. I. Mitteilung. Ibid. Bd. *94*, Festschrift f. O. Hertwig, 1920.

V. Haecker, Allgem. Vererbungslehre. 1. Aufl. Braunschweig 1911, S. 356.

K. v. d. Malsburg, Die Zellengröße als Form- und Leistungsfaktor der landwirtschaftlichen Nutztiere. Arb. deutsch. Ges. Züchtungsk. H. *10*. 1911.

E. B. Wilson, Recent researches on the determination and heredety of sex. Science N. S., Vol. 29, No. 732, 1909. — The sex chromosomes. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 77, 1911.

Besprechungen.

Meyer, Arthur, Morphologische und physiologische Analyse der Zelle der Pflanzen und Tiere. Grundzüge unseres Wissens über den Bau der Zelle und über dessen Beziehung zur Leistung der Zelle. I. Teil. Jena, G. Fischer, 1920. XX, 629 S. und 205 Abbild. Preis M. 38,—.

Der vorliegende Band ist der erste Teil eines umfassenden Werkes über unsere Kenntnisse der Morphologie und Physiologie der pflanzlichen und tierischen Zelle. Er enthält in den einleitenden Kapiteln die allgemeine Morphologie des Protoplasten und in seinen beiden Hauptteilen die Behandlung der ergastischen Gebilde und des Zytoplasmas. Ein zweiter Band über alloplasmatische Gebilde, Trophoplasten und Zellkern soll in zwei Teilen folgen. In der Erkenntnis, daß das Wesen der Zelle nicht genügend erschlossen werden kann, wenn wir nicht die Erfahrungen der Erforscher beider Organismenstämme benutzen, hat der Verf. — selbst Botaniker — auch die tierische Zelle mit in den Kreis seiner Betrachtungen einbezogen.

Den Grundstock des ganzen Werkes bildet naturgemäß eine kritische Sichtung der gesamten recht umfangreichen Literatur und eine Verarbeitung der bisherigen Kenntnisse zugunsten der Ideen des Verf., insbesondere der „Vitülhypothese". Da jedoch aus der Literatur allein oft nicht die gewünschte Klarheit gewonnen werden konnte, so ist eine große Menge von eigenen Untersuchungen, soweit sie noch nicht in Zeitschriften während der Bearbeitung dieses Bandes veröffentlicht worden sind, in die Darstellung eingeflochten. Im allgemeinen beschränken sich derartige Eigenbeobachtungen darauf, das für die Zwecke des Buches unbedingt Notwendige zu erreichen, so daß also das Werk durch sie nicht zu stark belastet und die Einheitlichkeit des Werkes nicht gestört wird. Die eigenen Untersuchungen des Verf. sind durch zahlreiche, bis ins kleinste sorgfältig ausgeführte Originalzeichnungen illustriert. Zusammenfassende, oft tabellarische Übersichten geben, wo es wünschenswert ist, einen vollständigen Überblick über unsere Einzelkenntnisse innerhalb der verschiedenen Familien des Pflanzenreiches.

In dem ersten Kapitel führt der Verfasser den schon bei *Descartes* auftretenden, vor allem aber von den modernen Biologen um die letzte Jahrhundertwende herum wieder aufgenommenen Gedanken, daß die Organismen und speziell die Zellen den von Menschenhand gebauten Maschinen ähnlich sind, an der Hand einer Zusammenstellung der Eigenschaften der Maschinen bis ins kleinste aus; er kommt dabei zu dem Schluß, daß wir die Zelle nicht nur als eine Maschine bezeichnen dürfen, sondern, da sie mehr zu leisten vermag als irgendeine von Menschenhand erbaute Maschine, als eine „Übermaschine".

Im Gegensatz zu den uns bekannten Maschinen ist jedoch die Zelle eine Flüssigkeitsmaschine. Die Flüssigkeitsnatur des Zytoplasmas wird gefolgert aus den Zirkulations- und Rotationsbewegungen, aus Tatsachen, welche mit der Oberflächenspannung der Flüssigkeit zusammenhängen, dem Vorkommen von Zellsaft und Öltropfen in Kugelgestalt, der Tatsache, daß die Geschwindigkeit der sich mit dem Zytoplasma bewegenden Körperchen unabhängig vom Drucke ist, aus der leichten Ausbreitung des Protoplasmas auf Wasser und aus der leichten Verschmelzbarkeit. In gleicher Art sind die Beweise für die Flüssigkeits-

natur des Zellkerns und der Trophoplasten zusammengestellt.

Die nächsten beiden Abschnitte behandeln den Protoplasten als wässerige Lösung, Emulsion, Suspension, kolloide Lösung, molekulardisperse Lösung und einfache Flüssigkeit, und bringen die Auseinandersetzung mit *Bütschlis* Theorie von der Wabenstruktur des Plasmas.

Den Abschluß der allgemeinen Kapitel bildet eine Einteilung der mikroskopisch sichtbaren Formelemente der Zelle auf Grundlage ihrer Bedeutung für die Leistung der Zellmaschine und auf Grundlage ihrer Ontogenie:

I. Der (lebende) Protoplast.
   A. Die protoplasmatischen Organe: Zytoplasma, Trophoplasten, Zellkern.
   B. Die alloplasmatischen Gebilde (durch Umwandlung aus protoplasmatischen Organen entstanden).

II. Die ergastischen (toten, vom Protoplasten aufgebauten) Gebilde.

Den ergastischen Gebilden, welche als Einschlüsse des Protoplasten auftreten, ist sodann der erste Hauptabschnitt des Bandes gewidmet. Die ergastischen „Ante" — Verfasser bezeichnet damit alle mikroskopisch kleinen Massenteilchen (von 0,09—100 μ) ohne Rücksicht auf Gestalt, Zusammensetzung und Konsistenz — können als ergastisch erkannt werden, wenn sie in vorher freien Zellen vollständig neu auftreten oder wenn sie in Reagentien, welche Organsubstanz nicht lösen, völlig gelöst werden oder wenn sie nur aus chemischen Substanzen bestehen oder wenn sie kristallisieren. Vom physiologischen Standpunkte unterscheidet Verfasser Gebrauchsgebilde, Abfallgebilde und Stützgebilde, vom topographischen Standpunkte Einschlüsse und Ausscheidungen. Abfall- und Gebrauchsgebilde können unter Umständen zu ökologischen Zwecken dienen (ökologische Ante). Es werden sodann der Reihe nach Eiweißante, Kohlehydrate, Fettante, Abfall- oder Sekretante und Zellsaftante behandelt. Innerhalb der ersten Gruppe sind den Eiweißkristallen, den Nukleolen und den „Allinanten" besonders eingehende eigene Untersuchungen gewidmet. Unter „Allinanten" versteht Verfasser „nichtkristallinische, weiche ergastische Eiweißante des Zytoplasmas, welche aus Eiweißkörpern bestimmter mikroskopischer Reaktion, aus Allin, bestehen". Allinante und Chondriosomen können analoge Gebilde sein; jedenfalls stehen die Eigenschaften der von *Benda, Meves, Duesberg* zu den Chondriosomen gestellten Gebilde der tierischen Zelle nicht im Widerspruch mit dieser Annahme.

Weitere umfangreiche Eigenuntersuchungen finden sich in dem Kapitel über Sekretante. An erster Stelle steht das in den Chloroplasten auftretende Assimilationssekret, das früher als Grana oder Öltröpfchen beschrieben wurde. Es wird wahrscheinlich als direktes Produkt des Assimilationsprozesses gebildet, und es besteht in der Hauptsache aus dem Hexylenaldehyd $C_6H_{10}O$. Ein ähnliches Sekret findet sich in dem Zytoplasma der Mesophyllzellen, das Mesophyll- oder Mesekret. Diese Mesekrettropfen werden nach Ansicht des Verfassers wesentlich aus Assimilationssekret bereitet, welches in gelöstem Zustand aus den Chloroplasten in das Zytoplasma aufgenommen und in Tropfenform im Zytoplasma abgelagert wird. Vorkommen und Reaktionen sprechen für diese Annahme. In gelöstem Zustand kann das Mesekret von Zelle zu Zelle (bis in das Rindenparenchym der Wurzeln) wandern und wieder abgelagert werden. Biologisch ist es wohl ebenso wie das Assimilationssekret als Abfallstoff aufzufassen, jedenfalls nicht als Gebrauchsgebilde.

Das letzte Kapitel, das zweite Hauptkapitel, enthält die Besprechung des Zytoplasmas. Das Zytoplasma ist nach den Untersuchungen des Verfassers eine optisch (mikroskopisch und ultramikroskopisch) homogene kolloide Lösung und auch physiologisch eine homogene Flüssigkeit. In ihm sind die „ergastischen Organstoffe" gelöst, d. h. die Stoffe, welche in amikroskopischer Verteilung vorhanden sind. Außer den ergastischen Stoffen sind aber im Wasser, welches das Dispersionsmittel für alle im Zytoplasma amikroskopisch gelösten Substanzen bildet, noch *„Vitüle"* gelöst, welche den Unterschied zwischen der homogenen Zytoplasmaflüssigkeit und toten, kolloiden wässerigen Lösungen wesentlich verursachen. Verfasser kommt zu dieser Hypothese auf Grund seiner mikroskopischen Untersuchungen über die ergastische Natur der in der Zelle bekannten chemischen Substanzen. Diese Vitüle sind ungemein kleine, aber trotzdem ungeheuer kompliziert gebaute Gebilde. Ähnlich wie ein Molekül als ein System von in Bewegung begriffenen Elektronen aufgefaßt werden darf, stellt sich Verfasser ein Vitül als ein sehr kompliziertes bewegtes System von kleinsten Realitäten vor, die er als „Mionen" bezeichnet. Die Mionen sind vielleicht die Ursache von Energieformen, welche die Eigenartigkeit der Lebenserscheinungen mit hervorrufen (Nervenenergie, physiologische, Lebens-, psychische Energie älterer Autoren). Mionen können neu entstehen durch Zertrümmerung von Atomen, wozu dem Protoplasma Energie, die durch Atmungsprozesse frei wird, zur Verfügung steht. Mionen sind nur in der lebenden Zelle existenzfähig. Aus den Bruchstücken der Vitüle einer absterbenden Zelle bilden sich wiederum chemische („vitülogene") Substanzen. — Die Vitülhypothese unterscheidet sich von allen bis jetzt aufgestellten Hypothesen, in denen kleine Teilchen zur Erklärung der Lebenserscheinungen benutzt werden, ganz wesentlich dadurch, daß sie eine Forderung der mikroskopischen Morphologie der Zelle ist, daß sie nicht zur Erklärung *einzelner* Erscheinungen des Zellenlebens dienen will und daß sie ganz auf dem Boden des Hypothesengebäudes der Physik bleibt.

In weiteren Abschnitten des Zytoplasmakapitels werden noch verschiedene Einzelheiten behandelt: Struktur des gehärteten und gefärbten Zytoplasmas, Fixierung und Färbung der Zelle und der in ihr enthaltenen ergastischen Gebilde, Plasmabrücken.

Fritz Jürgen Meyer, Braunschweig.

Physiologische Mitteilungen.

(Aus den Berichten über die gesamte Physiologie.)

Die Beurteilung der indischen Mond- und Rangoonbohnen. (*E. Koch*, Zeitschr. f. öffentl. Chemie Jg. *26*, S. 16—20, 1920.) Nach Verf. Meinung kann man ein so nährstoffreiches Lebensmittel, wie es die Rangoonbohne ist, zurzeit nicht ohne weiteres ablehnen, wenn der Gehalt an HCN nicht übermäßig hoch ist und sich beim Kochen der Speise völlig verflüchtigt. *Qualitativ* hat Verf. auf HCN geprüft, indem er 5 g zermahlene Bohnen mit 10 ccm Wasser etwa ½ Stunde lang in einem Kolben auf 40—50° erwärmte und dann in die Dämpfe Filtrierpapierstreifen einhing, die nacheinander mit einer 0,2-proz. Guajactinktur und einer 0,1-proz. $CuSO_4$-Lösung getränkt worden waren (Reak-

tion von *Schönbein*). Die Streifen färbten sich bald grünblau. Ebenso wurden Filtrierpapierstreifen, die mit 1-proz. Pikrinsäurelösung und nach dem Trocknen mit einer 10-proz. Na_2CO_3-Lösung getränkt worden waren, in Reagenzrohre eingehängt, die mit Bohnenmehl und Wasser beschickt waren. Nach 6—12 Stunden war eine starke Reaktion auf HCN eingetreten, indem sich die gelben Papierstreifen dunkelrostbraun färbten. Die *quantitative Bestimmung* des HCN geschah mit 50 g gemahlenen Bohnen, die im verschlossenen Kolben 12 Stunden mit 250 ccm Wasser gestanden hatten, indem man nach Zusatz von 10 ccm verdünnter H_2SO_4 aus dem Wasserbad mittels Wasserdampf 200 ccm abdestilliert. Das Destillat wurde mit NH_3 stark alkalisch gemacht, mit 10 ccm $^1/_{10}$n-$AgNO_3$ versetzt und sofort mit HNO_3 angesäuert. Nach Bestimmung des Niederschlags von AgCN wurde auf 300 ccm aufgefüllt, abfiltriert und in 150 ccm Filtrat unter Zusatz von 5 ccm konzentrierten gesättigten Eisenammoniumsulfats das überschüssige Ag mit Rhodan zurücktitriert. Bei 3 Proben solcher Bohnen wurden hiernach 0,0294, 0,0294 und 0,0360 % HCN gefunden. Die letzte Probe wurde einer sorgfältigen küchenmäßigen Zubereitung durch 3-stündiges Kochen von 100 g ganzen Rangoonbohnen mit Wasser unterworfen; in dem abgegossenen Bohnenwasser waren nur Spuren HCN, die unter 0,001 % lagen, nachzuweisen. Die gekochten Bohnen wurden einmal mit Wasser gewaschen, dieses weggegossen, die Bohnen zu Brei verrieben und, wie oben angegeben, mit Wasserdampf destilliert. Es war dabei keine Spur HCN nachzuweisen. Rangoonbohnen mit einem Gehalte an HCN von 0,036 % geben somit bei der Zubereitung zum Genusse die HCN restlos ab, so daß eine Gesundheitsschädigung nicht zu befürchten ist. Das Bohnenbrühwasser ist zu verwerfen. Die Zusammensetzung der vom Verf. untersuchten Rangoonbohnen war (%): Wasser 11,20, Fett 1,63, N-Substanz 23,19, Rohfaser 6,45, N-freie Extraktstoffe 54,08, Mineralstoffe 3,45. In Frankreich hat man vorgeschlagen, Rangoonbohnen mit einem Gehalte an HCN von 0,02 % zum Handel zuzulassen. *Rühle.*

Körperliche Veränderungen im Gefolge von Gemütsbewegungen. (*F. H. Kooy*, Nederlandsch Maandschrift voor Geneeskunde Jg. *9*, Nr. 1, S. 29—44, 1920.) Zur Entscheidung der Fragestellung: „Sind die bei Gemütsbewegungen gefundenen Funktionsstörungen psychisch oder körperlich bedingt?" untersuchte Verf. 1. *Blutzucker;* Resultate mit der Mikromethode von *Bang*; vor und ¾, 1½, 2¼ und oft 3 Stunden nach dem Frühstück, bestehend aus 100 g Brot und 200 ccm Milch. 20 ruhige Gesunde zeigten die Mittelwerte 0,98; 1,14; 1,16; 1,04; 1,02 ‰. Ruhige Hebephrene wiesen niedrige Werte auf; eine unruhige, ängstliche Dementia-praecox-Kranke zeigte 4 Stunden nach einem kargen Frühstück 1,59 ‰; nach eingetretener Beruhigung 1,33—1,20—1,20—1,07—1,01 ‰ und noch später 0,89 ‰. Ruhige Epileptiker ergaben: 0,9—1,16—1,04—0,98—0,93 ‰; eine wütende Epileptica 1,01—1,58—1,31—1,09—1,13 ‰. Ein Paralytiker im Zorn: 0,87—1,43—1,22 ‰, an einem ruhigen Tag 0,83—1,16—1,05 ‰. Ein Psychastheniker in Ruhe: 1,09—1,08—1,09—0,95—1,02 ‰; in Aufregung: 1,02—1,50—1,13—0,92—0,87 ‰. Mittelwerte bei echter, primärer Melancholie (19 Fälle): 1,12—1,55—1,39—1,21 ‰; die nicht ängstlichen unter diesen gaben: 1,03—1,39—1,22—1,03 ‰; die ängstlichen unter ihnen hatten: 1,13—1,63—1,45—1,19 ‰. — 2. *Blutdruck:* Die bekannten Blutdruckstörungen bei psychischer Erregung jeder Art werden bestätigt. — 3. *Temperatur:* Erhöhung wird gefunden bei Amentia, akuter Verwirrtheit nach psychischem Trauma unter Ausschluß körperlicher Ursachen. — 4. *Intestinale Störungen:* Verf. nimmt als Beispiel Obstipation bei Melancholischen, bei denen in den ängstlichen Perioden die Obstipation zunahm, unbeeinflußt von Opium und Laxanzien. — Diese körperlichen Erscheinungen, besonders in den Zuständen von Zorn und Angst, werden aufgefaßt als Reaktion des sympathischen Nervensystems, d. h. des thoracico-lumbalen Teils des unwillkürlichen Nervensystems; in der Beweisführung für diese Annahme stützt sich Verf. weitgehend auf Untersuchungen von *Gaskell* und *Cannon*, die nicht gesondert referiert werden können. *W. Weiland, Hamburg.*

Über Eigenblutinfusion. (*A. Döderlein*, Dtsch. med. Wochenschr. Jg. *46*, Nr. 17, S. 449—451, 1920.) *Döderlein* befürwortet aufs wärmste die zuerst von *Thies* empfohlene Eigenblutinfusion zur Bekämpfung des Verblutungstodes bei Blutungen in die Körperhöhlen, wie sie u. a. bei tubargraviden Frauen mit Fruchtkapselaufbruch, bei Milz- oder Leberrupturen u. dgl. in die Bauchhöhle vorkommen. Er führt die Reinfusion folgendermaßen aus: Das Blut wird bei Beckentieflagerung aus der Bauchhöhle über eine in den Bauchwandhalter eingefügte Rinne direkt in einen mit Gaze ausgekleideten Trichter aufgefangen, durch den es in einem Erlenmeyerkolben filtriert wird. Dann wird es im Verhältnis von 3 : 1 mit einer 1-proz. Lösung von Natrium citricum vermischt und körperwarm in eine Vene infundiert. Der Erfolg ist ein verblüffender — „die totenbleiche Patientin wird in der Tat sichtlich wiederbelebt, die wachsbleichen Lippen färben sich im Augenblick, die Wangen röten sich, der Puls kehrt wieder", und am folgenden und den nächsten Tagen sind die Kranken, die dem Tode geweiht waren, wieder ganz frisch und munter. Die unliebsamen Nebenerscheinungen, wie Somnolenz, Ikterus, Schüttelfrost und ähnliches, die von einigen Seiten (*Opitz, Arnim*) beobachtet worden sind, hält *D.* für bedeutungslos gegenüber dem lebenrettenden Erfolg der Eigenblutinfusion, die er als ein ungefährliches Verfahren bezeichnet. *F. v. Krüger, Rostock.*

Die Wirkungen des Schilddrüsenhormons. (*Leon Asher*, Therap. Halbmonatsh. Jg. *34*, H. 8, S. 222—224, 1920.) Gedrängte Zusammenfassung unserer derzeitigen Kenntnisse über die Wirkungen des Schilddrüsenhormons. Seine chemische Zusammensetzung ist noch unbekannt; die Untersuchungen *Kendalls*, der aus der Schilddrüse eine reine Substanz, ein Trijodindolderivat, „Thyrotoxin", mit der vollen Wirksamkeit der Schilddrüse hergestellt hat, sind noch zu bestätigen. Schilddrüsengewebe oder Auszüge aus gesunden Schilddrüsen haben scharf umschriebene, spezifische Wirkungen. Im Vordergrund steht eine Steigerung des Stoffwechsels, die mit Sicherheit allerdings nur an schilddrüsenlosen Tieren oder an Menschen erzeugt werden kann, bei denen die Drüse degeneriert ist, also in den Fällen, in denen der Stoffwechsel herabgesetzt ist. Manche anscheinend normale Menschen sind gegen das Schilddrüsengift besonders empfindlich; auch bei unversehrten Ratten lassen sich durch mehrtägige Verfütterung von Schilddrüsenpräparaten Erregungssymptome hervorrufen, die in vieler Beziehung an die Basedowsche Krankheit gemahnen. Die Tiere werden sehr lebhaft; die erhöhte Beweglichkeit ist aber nicht die Ursache der Stoffwechselsteigerung. Gegen reinen Sauerstoff-

mangel sind solche Tiere bedeutend empfindlicher als unbehandelte, eine Beobachtung, welche die größere Neigung hyperthyreoider Personen zu Bergkrankheit erklären kann. Umgekehrt sind schilddrüsenlose Tiere gegen Sauerstoffmangel weniger empfindlich, Wärmepolypnoe ist bei ihnen weniger deutlich, auf Wärmestich folgt keine oder nur geringe Temperatursteigerung. Eine Vermehrung der Diurese wird nur in den Fällen beobachtet, wo Schilddrüsenhormon den Stoffwechsel erhöht. Die Permeabilität der Gewebe wird durch Zufuhr von Schilddrüse erhöht: am Frosch wird die vitale Färbung der Nickhautdrüsen unter dem Einfluß des Hormons verstärkt. Praktisch wichtig ist die Feststellung, daß Ödeme bei hypothyreoiden Menschen nach Verfütterung von Schilddrüse rasch verschwinden. Das Blutbild wird im Sinne einer Vermehrung der Knochenmarkselemente verändert; Mangel an Schilddrüsenhormon hemmt das Knochenwachstum bei jungen Tieren und Kindern. Die Entwicklung von Kaulquappen wird dagegen durch Zufuhr eines wirksamen Schilddrüsenpräparats gefördert. Herz und Gefäße (mit Ausnahme der Nierengefäße) werden durch das Hormon nicht beeinflußt, auch nicht die Herzen schilddrüsenloser Tiere. Schilddrüsenhormon steigert die Erregbarkeit der sympathischen und parasympathischen Herz- und Gefäßnerven; besonders bedeutsam ist die Aktivierung der Adrenalinwirkungen. Die Reflexfunktionen des isolierten Rückenmarks sowie die von Blase und Darm werden durch kleine Mengen Hormon gefördert, durch große gehemmt.

Wieland, Freiburg i. B.

Die Grundlagen der Geruchschemie. (*L. Ruzicka*, Chem.-Ztg. Jg. *44*, S. 93—94, 129—131, 1920.) Eine konsequente Einteilung der Gerüche in Klassen auf chemischer Grundlage, so daß jede Geruchsart auf eine bestimmte Klasse chemischer Verbindungen beschränkt wäre, ist unmöglich. Als Riechstoff ist ein Körper zu definieren, der in der Luft löslich ist und mit Substanzen der Riechschleimhaut eine chemische Reaktion eingeht, die den Riechnerv anregt. Analog der Anschauung der Chemotherapie muß man „Osmoceptoren" in der Nasenschleimhaut annehmen. Die „osmophoren Gruppen" sind hauptsächlich: —OH, —CHO, —CO, —COOR, —C≡N, —NO_2, —N_3. Die Annahme der Reaktion zwischen den osmophoren Gruppen des Riechstoffs und der Osmoceptoren der Nasenschleimhaut erlaubt die einheitliche Erklärung der Ermüdungserscheinungen und des Geruchsumschlags. Für die Geruchsart ist am wichtigsten das Skelett des Riechstoffs; durch die Art der Reaktion der osmophoren Gruppen mit verschiedenen Osmoceptoren wird in der Regel lediglich die Geruchsnüance bedingt. Die Unempfindlichkeit oder Überempfindlichkeit mancher Personen gegenüber gewissen Riechstoffen ist auf das Nichtvorhandensein oder Vorhandensein bestimmter „Acceptoren" zurückzuführen. Da es sich bei den Riechstoffen um unwägbare Mengen handelt, sind über ihre Veränderung im Organismus nur unsichere Aufschlüsse auf indirektem Wege zu erzielen. *Jung.*

Das Schicksal des Streptococcus haemolyticus im Magendarmkanal. (*David J. Davis*, Journ. of infect. dis. Bd. *26*, Nr. 2, S. 171—178, 1920.) In früheren Versuchen hatte Verf. festgestellt, daß sich in den Krypten der Tonsillen in fast 100 % hämolytische Streptokokken finden, in der vorliegenden Arbeit sollte das weitere Verhalten dieser Bakterien, wenn sie verschluckt werden und in den Magen gelangen, geprüft werden. Hierzu wurde das Tierexperiment herangezogen, nachdem Vorversuche ergeben hatten, daß Kaninchen normalerweise keine hämolytischen Streptokokken in ihrem Darmtractus beherbergen. Mittels Schlundsonde wurden aus verschiedenen Krankheitsfällen gezüchtete hämolytische Streptokokken in den Magen gebracht (10 Tage lang je 10—20 ccm einer 24-stündigen Bouillonkultur) und nun der Stuhl täglich auf Streptokokken untersucht. Dabei zeigte sich in sämtlichen Fällen ein vorübergehendes Auftreten der Streptokokken; nach einer Beobachtungszeit von einem Monat wurden die Tiere getötet und der Magendarmkanal in seinen verschiedensten Teilen bakteriologisch untersucht, doch wurden nirgends hämolytische Streptokokken gefunden, ebenso erwies sich die Magen- und Darmschleimhaut vollständig unverändert. Auch bei einer Allgemeininfektion durch intravenöse Streptokokkeninjektion bei Kaninchen bleibt der Magendarmkanal frei, wie durch mehrfache Versuche nachgewiesen wurde. Magensaft von normaler Acidität beim Menschen und Kaninchen tötet hämolytische Streptokokken innerhalb 2—5 Minuten, bei herabgesetzter Acidität bleiben die Bakterien mehrere Stunden am Leben, sind aber ebenfalls innerhalb 24 Stunden abgestorben. In 53 Fällen wurden menschliche Faeces auf hämolytische Streptokokken untersucht, sämtliche Untersuchungen verliefen negativ, ebenso mehrere ebensolche von Scharlachfällen. Mischt man Stuhl mit Streptokokken und bringt ihn in den Eisschrank, so bleiben die Bakterien mehrere Tage am Leben, bringt man das Gemisch in den Brutschrank, so sind sie nach mehreren Stunden verschwunden, wahrscheinlich infolge Überwucherung durch die normalen Darmbakterien.

Emmerich, Kiel.

Die Grundirrtümer der heutigen Rassenhygiene. (*Ernst Tomor*, Abh. a. d. Gesamtgeb. d. prakt. Med. Bd. *20*, H. 4—5, S. 67—89, 1920.) Solcher Grundirrtümer werden drei gegeißelt. Verurteilung findet zunächst *die kritiklose Gleichstellung aller Schädigungen der Volkskraft*, welche nicht berücksichtigt, ob die schädlichen Einflüsse bloß die derzeitige Generation — ontogenetische Wirkungen — oder das Keimplasma, die Rasse selbst treffen, d. h. vererbbare Folgen haben — phylogenetische Wirkungen. Ein solcher Mangel an analytischem Denken führte zu dem verwerflichen Kulturpessimismus, welcher in der „Dekadenz" nicht eine zeitweilige Kulturverirrung, sondern den Beginn einer unaufhaltsamen biologischen Entartung erblickt. Der zweite häufig begangene Fehler beruht in einer *Verwechselung sozialer mit biologischen Begriffen.* Vor allem wird der Begriff der Familie vielfach als gleichbedeutend mit dem des biologischen Erbstammes gebraucht. Nun trafen aber 1913 im Deutschen Reich auf 9 legitime Geburten 1 illegitime, in Berlin gar 1 uneheliche schon auf 3 eheliche. Rechnet man noch die sich dem Nachweis meist entziehenden scheinehelichen Geburten dazu, so erkennt man, wie wenig konventionell-soziale Statistiken als Grundlage für die Ermittelung biologischer Gesetzmäßigkeiten dienen können. Endlich macht der Verf. Front gegen *die Ansicht, daß durch das allmähliche Aussterben sozial und wirtschaftlich hochstehender Familien das Volk zugrunde gerichtet würde.* Er führt zunächst den Nachweis, daß das gesellschaftliche und materielle Aufsteigen einem biologischen Anpassungsprozeß gleichzusetzen ist, der für die Familien wie auch für den ganzen Volkskörper nur dann gefährlich wird, wenn er zu rasch erfolgt. Aber selbst wenn das Emporkommen naturnotwendig mit einem allmählichen Aussterben nicht nur der legitimen Familie, sondern sogar des Erbstammes verbunden wäre, so folgt daraus noch

keineswegs die Verarmung des Volkes an Talenten; denn die Fähigkeit und der Drang zum Emporsteigen ist nicht gleichbedeutend mit „Talent", und viele gerade für den menschlichen Fortschritt hochbedeutsame Begabungskombinationen streben nur einen mäßigen wirtschaftlichen und sozialen Aufstieg an.

Süßmann, Würzburg.

Kriegsjahre in Dänemark und in der Schweiz, verglichen mit Deutschlands Kriegssterblichkeit. (*Georg Rosenfeld,* Zentralbl. f. inn. Med. Jg. *41,* Nr. 17, S. 305—313, 1920.) Vergleich der Sterblichkeitsziffern während der Kriegsjahre bei der *weiblichen* Bevölkerung Breslaus einerseits, in Dänemark und der Schweiz andererseits. Bis 1916 (wo Dänemark noch ohne Rationierung war) nahm die Gesamtsterblichkeit in Dänemark zu, in Breslau ab, ebenso die an Herzleiden, Leberleiden, Diabetes. Die an Lungenleiden nimmt in Dänemark schon vor der Rationierung zu, erheblich in Breslau seit 1916. Die an Nierenleiden nahm in Dänemark mehr zu als in Breslau, die an Carcinom nahm an letzterem Orte ab, stieg im ersteren. Erheblich nahmen in Breslau die Todesfälle an Magendarmerkrankungen, speziell auch an denen des Blinddarms *ab,* wenig in Dänemark. *Rosenfeld* denkt dabei ätiologisch an die Regelung der Darmentleerung durch die schwerverdauliche vegetabilische Kost. Angesichts der Abnahme der Sterblichkeitsziffer, die sich bei genannten Leiden in Breslau fand, wirft *R.* die Frage auf, ob nicht die knappe Ernährung mancherlei Gefahren der Überernährung verbessert. Mit Einsetzen der Rationierung in Dänemark gestaltet sich die Sterblichkeit wie in Breslau: die Todesfälle an Alkoholintoxikation, an Diabetes, Nephritis und die Gesamtsterblichkeit nehmen ab, die an Lungentuberkulose nimmt zu. In der Schweiz nimmt 1914—16 nicht nur die Gesamtsterblichkeit ab, sondern auch alle einzelnen Krankheiten außer Carcinom. Auch die Infektionskrankheiten verliefen mit weniger Opfern. Besonders günstig stellten sich (Abnahme um 50 %) Magendarmkatarrhe der kleinen Kinder. In dem knapperen Jahr 1917 nimmt die Sterblichkeit wieder zu, woran besonders die Lungentuberkulose beteiligt ist. Tod durch Magendarmkrankheiten der Kinder trat nur noch in 35 % der Friedenshöhe ein.

A. Loewy, Berlin.

Malariabekämpfung beim Palästinafeldzug. (*E. P. Sewell* and *A. S. M. Macgregor,* Journ. of the roy. army med. corps Bd. *34,* Nr. 2, S. 85—100 u. Nr. 3, S. 204 bis 218, 1920.) Es wird über die Malariabekämpfung in Südpalästina im Jahre 1918 berichtet. Es handelte sich um englische Truppen, zum Teil Farbige, in Stärke von 60—80 000 Mann, die in einer außerordentlich gefährlichen Gegend standen. Man kann nur mit Neid davon Kenntnis nehmen, welche gewaltigen Mittel bei unseren Gegnern den beratenden Hygienikern zur Verfügung standen, um ihre Pläne zur Durchführung zu bringen. 222 840 Arbeitstage konnten darauf verwendet werden, um durch großartige Maßnahmen im Gelände die Brutgelegenheiten für die Mücken zu beseitigen. Selbst bei einer Tagesausgabe von nur 3 Schilling für den Mann wurden die Kosten auf rund eine Million Goldmark berechnet. Schon während des Winters wurden lebende Anopheles in den Brunnenschächten gefunden und Larven im Brunnenwasser. Bei Truppen, die in der Nähe dieser Brunnen untergebracht waren, kam es im Dezember und Januar zu einem kleinen Malariaausbruch. In offenen Wasserstellen fanden sich im April und Mai Larven. Im Juni traten plötzlich massenhaft Anopheles auf, die wahrscheinlich an geschützten Stellen überwintert hatten. Durch die großzügigen Maßnahmen zur Trockenlegung des Geländes waren im August die Mücken sehr spärlich geworden. Die Soldaten wurden auch durch Netze geschützt und Lagerplätze möglichst weit vom Wasser verlegt. Die Ausfälle an Malaria während der 21 Wochen, die in Betracht kommen, betrugen nur 10 % der Kopfstärke.

W. H. Hoffmann, Wilhelmshaven.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die deutsche wissenschaftliche Kommission für Meeresforschung. Die Internationale Kommission zur Erforschung der Meere, die aus Vertretern der Staaten Belgien, Dänemark, Deutschland, Großbritannien, den Niederlanden, Norwegen, Rußland, Schweden und den Vereinigten Staaten gebildet war und seit 1902 für die Erforschung der fischereibiologischen und hydrographischen Verhältnisse insbesondere der Nord- und Ostsee Großes geleistet hat, ist durch den Krieg wesentlich umgestaltet worden. Im Jahre 1915 ist Deutschland zunächst für die Dauer des Krieges aus der Kommission ausgetreten und der Wiedereintritt hat sich infolge der bei den Ententestaaten herrschenden feindlichen Stimmung, besonders infolge des Zutritts von Frankreich zur Kommission noch nicht ermöglichen lassen. Die Wichtigkeit der im Frieden ausgeführten Arbeiten, die für die Hochseefischerei von größter Bedeutung sind, sowie der Wunsch, einen künftigen Wiederanschluß an die internationale Organisation vorzubereiten, haben dazu geführt, daß Deutschland seine früher im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit durchgeführten Arbeiten auf dem Gebiet der Meeresforschung trotzdem fortsetzt. Die Organisation liegt bei der Deutschen wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung, über die Prof. *Ehrenbaum* im Fischerboten XII. Jahrgang, Nr. 6, nähere Angaben macht. Die Kommission setzt sich zusammen aus den Mitgliedern: *Brandt* (Kiel), *Ehrenbaum* (Hamburg), *Heincke* (Helgoland), *Henking* (Berlin), *Lübbert* (Cuxhaven), *v. Maltzahn* (Berlin), *Mecking* (Kiel), *Schott* (Hamburg).

Durch die bisher bereitgestellten Mittel war es möglich, daß mehrere Male, zuletzt im September d. J., der Reichsforschungsdampfer „Poseidon" auf der Nordsee fischereibiologische und auch hydrographische Untersuchungen ausführen konnte, die wertvolle Ergebnisse versprechen, da infolge der fast fünfjährigen Schonzeit die Zusammensetzung und der Reichtum des Fischbestandes wesentliche Änderungen gegen die Vorkriegszeit aufweist.

Internationale Kommission zur wissenschaftlichen Erforschung des Mittelländischen Meeres. Während des Krieges hat wie in den nordeuropäischen Meeren auch im Mittelmeer die praktische meereskundliche Forschung notgedrungen pausiert. Jetzt soll sie wieder aufgenommen werden, und zwar auf der breiten Grundlage der Zusammenarbeit der an das Mittelländische Meer grenzenden Staaten, nämlich Spanien, Frankreich, Italien, Griechenland, Monaco, Ägypten, Türkei und Tunis. Damit wird eine von Prof. *Vinciguerra* (Rom) auf dem internationalen Geographenkongreß in Genf 1908 gegebene und vom Kongreß befürwortete Anregung in die Tat umgesetzt. Zwar hatten schon 1910 und 1914 vorbereitende Konferenzen statt-

gefunden, aber erst im November 1919 ist es auf der in feierlichster Weise in Gegenwart des Königs von Spanien eingeleiteten Konferenz zu Madrid zu entscheidenden Beschlüssen der bevollmächtigten Vertreter der beteiligten Mittelmeerstaaten gekommen. Die Leitung der beabsichtigten Arbeiten liegt beim Zentralbureau der internationalen Mittelmeerforschung, dessen vorläufiger Präsident der Fürst von Monaco ist und dem außer einem Generalsekretär Vertreter der einzelnen Staaten angehören. Für die einzelnen Zweige der Meeresforschung sind Unterkommissionen gebildet, und zwar für: 1. Physik des Meeres und Gezeiten, 2. Chemie, 3. Meteorologie, 4. allgemeine Biologie, 5. angewandte Biologie.

Zur Veröffentlichung der Arbeiten der Kommission ist ein eigenes Publikationsorgan geschaffen, das „Bulletin de la commission internationale pour l'exploration de la mer méditerrannée, Monaco, Musée océanographique 1920". Von diesem liegen die ersten Hefte vor, nämlich Nr. 1: Conférence de Madrid, Nr. 2: Procès-verbaux des Sous-Commissions. Eine der ersten Aufgaben, die sich das Zentralbureau gestellt hat, ist, für volle Einheitlichkeit der von den Einzelländern angewandten Untersuchungsmethoden zu sorgen. Zu diesem Zwecke soll ein Handbuch für die Praxis der Meerwasseruntersuchungen geschaffen werden. Von diesem bildet Nr. 3 des Bulletins den ersten Teil, nämlich: Chloruration par la méthode de Knudsen von *M. Oxner*. Dadurch, daß diese Arbeit von *Martin Knudsen* selbst durchgesehen ist, wird erreicht werden, daß die gefundenen Salzgehaltswerte mit den früher, z. B. auf der „Thor"-Expedition gewonnenen streng vergleichbar sein werden.

An praktischen Arbeiten ist für 1920 und 1921 geplant:

1. Von Spanien und Monaco eine Erforschung des Gebietes der Meerenge von Gibraltar;
2. von Frankreich, Griechenland, Italien eine Untersuchung des Bosporus, des Marmarameeres, der Dardanellen und des Ägäischen Meeres.

Hiernach läßt sich erwarten, daß das nächste Jahrzehnt uns eine erfreuliche Erweiterung unserer Kenntnisse vom Mittelmeer bringen wird.

Die Gezeitenerscheinungen in der Adria. I. Teil. *W. v. Keßlitz, Die Beobachtungsergebnisse der Flutstationen.* II. Teil. *R. v. Sterneck, Die theoretische Erklärung der Beobachtungstatsachen.* (Denkschriften der Akademie der Wissenschaften in Wien, Math.-Naturw. Klasse, *96.* Band, Wien 1919.) Durch die Durchführung der harmonischen Analyse bei den Gezeitenregistrierungen an 16 Küstenpunkten des Adriatischen Meeres, nämlich: Triest, Venedig, Fiume, Pola, Zengg, Hafen Cigale, Hafen Pantera, Zara, Sestrice, Sebenico, Rogoznica, Comisa, Pelagosa, Ragusa, Meljine und Brindisi, hat sich *v. Keßlitz* ein großes Verdienst erworben. Damit wurde eine einwandfreie Grundlage für eine befriedigende Theorie der Adriagezeiten von *R. v. Sterneck* geschaffen, der sich dabei auf eigene frühere Arbeiten wie solche von *Defant* stützen konnte.

Die auffälligste Tatsache ist, daß die Hafenzeit sich im Adriatischen Meere von SO nach NW sehr ungleichmäßig ändert, indem sie von Korfu bis Lesina um 23 m zunimmt, von Lesina bis Triest dagegen um 5 Stunden. Dies erklärt sich durch das Vorhandensein einer Amphidromie im nördlichen Teil der Adria. Dies ist auch durch die von zahlreichen italienischen Orten bekannten Hafenzeiten und Hubhöhen gestützt, so daß *v. Sterneck* das Vorhandensein der Amphidromie nicht nur der Gesamterscheinung, sondern auch der halbtägigen Partialtiden zur Grundlage seiner Theorie machen konnte, obgleich die harmonischen Konstanten von den Orten der Westseite der Adria nur für Venedig und Brindisi bekannt sind.

Sterneck faßt die Adria zunächst als einseitig offenen Kanal auf, dessen Wassermassen mit den Gezeiten vor der Mündung in das offene Meer mitschwingen. Zu den von den einzelnen Tiden erzeugten Längsschwingungen treten infolge der Erdrotation noch je eine Querschwingung. Die nun auf Grund der Annahme eines einfachen Mitschwingens berechneten Amplituden und Kappazahlen stimmen mit den mit der harmonischen Analyse aus den Beobachtungen errechneten gut überein, so daß *die Gezeiten der Adria durch Annahme des Mitschwingens mit dem Jonischen Meere und den Einfluß der Erdrotation hinreichend erklärt* sind, insbesondere auch die im Norden der Adria auftretende Amphidromie. — *Sterneck* hat eine nur unwesentlich bessere Übereinstimmung mit den Beobachtungen erreicht, indem er weiterhin auch den direkten Einfluß der gezeitenerzeugenden Kräfte auf die Adria in Betracht zog. Es ergibt sich also, daß der direkte Einfluß von Sonne und Mond nur unbedeutend ist.

B. Schulz, Hamburg.

Zur Frage der wirtschaftlichen Ausnutzung der Brennstoffe liefert Dr. *Karl Goldschmidt* einen bemerkenswerten Beitrag. Ausgehend von der Tatsache, daß wir im Jahre 1913 für mehr als 360 Mill. M. Benzin, Leucht- und Schmieröle sowie Chilisalpeter aus dem Ausland bezogen haben, erörtert er die Frage, ob diese Einfuhr aus inländischen Rohstoffen (Stein- und Braunkohlen) hergestellt werden kann und auf welchem Wege. Er bespricht zunächst unter Anführung zahlreicher statistischer Angaben die Entgasung der Kohlen in Kokereien und Gaswerken, sodann die Vergasung der Kohle in Generatoren. Während die Kokereien und Gaswerke Nebenprodukte im Werte von vielen Millionen Mark liefern, hat man bei dem Betrieb der Generatoren erst recht spät der Gewinnung von Nebenprodukten Beachtung geschenkt. Das Verfahren von *Mond* ermöglicht, den größten Teil des in den Brennstoffen enthaltenen Stickstoffs bei der Erzeugung von Heiz- und Kraftgas als Ammoniak zu gewinnen, daneben hat man in jüngster Zeit auch begonnen, den Generatorteer abzuscheiden und zu verwerten. Eine weitere Art der Kohlenverwertung ist die Schwelung, die hauptsächlich bei bituminösen Schiefern und Braunkohlen Verwendung findet. Der Braunkohlenteer hat während des Krieges wegen seines Gehalts an Brenn- und Schmierölen große Bedeutung erlangt und es sind in Mitteldeutschland große Anlagen zur Gewinnung von Braunkohlenteer errichtet worden. Allein die Anlagen der Deutschen Erdöl-A.-G. und der Rütgerswerke, A.-G., dürften zusammen etwa 300 000 t Teer im Jahre erzeugen. Man hat während des Krieges auch Braunkohlen mit verhältnismäßig geringem Bitumengehalt, die man früher für nicht schwelwürdig gehalten hat, mit Erfolg verschwelt und wird künftig in dieser Richtung noch weitere Fortschritte machen. Der Braunkohlenteer wird durch Destillation und Raffination aufgearbeitet, wobei man Mineralöl, Paraffin und sogenannte rote Produkte erhält. Daneben wird die Braunkohle auch durch Extraktion mit Benzol auf Montanwachs verarbeitet, das im Kriege viel-

fach Verwendung gefunden hat. Der nach der Extraktion verbleibende Rückstand wird gewöhnlich zur Herstellung von Briketts benutzt. Auch aus Steinkohle lassen sich durch Extraktion wertvolle Stoffe gewinnen, doch hat dieses Verfahren in der Technik bisher noch keine Anwendung gefunden.

Unsere starke Abhängigkeit vom Ausland bezüglich unserer Versorgung mit Benzin, Leucht- und Schmierölen macht die Beschaffung erdölähnlicher Produkte aus einheimischen Rohstoffen zu einer der wichtigsten Wirtschaftsaufgaben der nächsten Zeit. Eine Ausdehnung der Nebenproduktenkokerei bringt uns diesem Ziele nicht näher, wohl aber könnte man daran denken, die Fabrikation von Braunkohlenbriketts einzuschränken und statt dessen mehr Braunkohle zu verschwelen, da die Brikettfabrikation unverhältnismäßig viel Feuerungsmaterial erfordert. Zur Herstellung unserer jährlichen Briketterzeugung von 20 Mill. Tonnen müssen nämlich 17 Mill. Tonnen Braunkohle verfeuert werden. Nimmt man den Bitumengehalt dieser 17 Mill. Tonnen Braunkohle nur zu 2 % an, so ließen sich aus dieser Kohlenmenge allein schon mehr als 300 000 Tonnen Braunkohlenteer gewinnen; der Schwelrückstand (Braunkohlenkoks) könnte dann entweder an Ort und Stelle vergast oder als Brennstoff (an Stelle von Briketts und Rohbraunkohle) verfrachtet werden.

Eine weitere Möglichkeit, erdölähnliche Produkte aus Kohle zu gewinnen, bietet die Anlagerung von Wasserstoff an Teerprodukte nach dem *Bergin*-Verfahren. Mit Hilfe dieses Verfahrens ist die Herstellung von synthetischem Benzin, Leucht- und Treibölen von genau denselben chemischen Eigenschaften, wie sie die aus Erdöl gewonnenen Produkte besitzen, möglich. Als Ausgangsmaterial hierfür kommen sowohl der Braunkohlenteer selbst, als auch einzelne Fraktionen sowie Rückstände der Teerdestillation, ferner Erdölgoudron und Steinkohle in Betracht. Durch Verschwelen und Hydrierung eines Teiles unserer Braunkohlenförderung können wir also hochwertige Öle, die wir bisher vom Ausland bezogen haben, in großer Menge selbst herstellen. (Technik und Wirtschaft 1918, S. 290 bis 297.)

Die Entdeckung des Broms. Als Entdecker des Broms wird allgemein *Balard* angesehen, der vom Jahre 1826 an größere Mengen davon isoliert und vor allem seine elementare Natur festgestellt hat. Aber bereits im Jahre 1824 hat Dr. *J. R. Joß*, Suppleant am k. k. polytechnischen Institut in Wien, das Brom beobachtet, als er aus Steinsalz und Schwefelsäure Salzsäure herstellte. Er beobachtete hierbei eine rote Färbung des Destillats, die er als aus der Schwefelsäure stammendes Selen ansah. Als er im Jahre 1826 wiederum mit der Herstellung von Salzsäure beschäftigt war, beobachtete er abermals das Auftreten von braunen Dämpfen in dem Destillat, und zwar zunächst in der ersten und dann der Reihe nach in allen folgenden Vorlagen seines Destillierapparats. Er berichtet darüber, daß die Flüssigkeit so rot wurde „wie frischbereitetes Königswasser". Auch diesmal glaubte *Joß*, daß er es mit Selen zu tun habe, obwohl es ihm sonderbar vorkam, daß „die gefärbte Salzsäure ganz klar war, keineswegs die rote Nuancierung des Selens, sondern eine der salpetrigen Säure täuschend ähnliche Farbe zeigte, und daß diese Flüssigkeit, selbst nach einem Zeitraum von 15 Monaten, noch immer ihre intensive Farbe besaß und keine Spur von rotem Selen abgesetzt hatte". Diese Beobachtung fand erst ihre Erklärung, als *Balard* im gleichen Jahre bei der Untersuchung von Mutterlaugen aus Meerwasser das Brom entdeckte und seine Eigenschaften genau beschrieb. Auch *Liebig* hat im Jahre 1826 einige Monate vor *Balard* das Brom in Händen gehabt, als er die Kreuznacher Mutterlauge mit Chlor behandelte, er hielt aber die hierbei auftretende Braunfärbung für Chlorjod und erkannte seinen Irrtum ebenfalls erst nach dem Bekanntwerden der Entdeckung *Balards*. Auch *Löwig* soll, wie *H. Schelenz* in seiner Geschichte der Pharmazie angibt, gleichzeitig mit *Balard* und unabhängig von ihm das Brom entdeckt haben; dies trifft aber nicht zu, denn in seiner 1829 in Heidelberg erschienenen Dissertation über „Das Brom und seine chemischen Verhältnisse" bezeichnet *Löwig* selbst *Balard* als den Entdecker des Broms. (*W. Hütter*, Kali, 11. Jahrg., S. 196.) *S.*

Über einen Erdrutsch im Fläming. Am 23. April 6 h. p. ging bei Belzig ein Erdrutsch von einem für hiesige Verhältnisse ungewöhnlichen Ausmaße vor sich. Ort des Ereignisses ist das flachgeneigte Gehänge des Belziger Bachtales nö. der Stadt, das hier aus horizontal gelagertem, von Hochflächensanden bedecktem, diluvialem Tonmergel besteht. Veranlassung gab eine seit vielen Jahren bestehende, in geringer Höhe über der Talsohle angelegte Tongrube. Sie lag seit Kriegsbeginn still und hatte sich mehrere Meter hoch mit Wasser gefüllt. Zur Wiederaufnahme der Ausbeutung wurde die Grube ausgepumpt. Als die obersten Tonlagen sichtbar wurden, rutschte die steile Wandung an mehreren Stellen, doch in nur unbedeutendem Umfange. Bei Fortsetzung der Trockenlegung setzte der große Erdrutsch ein, der in wenigen Minuten das Gelände gründlichst umgestaltete. An Stelle der oben steilen, im Bereiche des Tones abgestuften Ausschachtungswand hatte sich eine bogenförmige, etwa 100 m lange und 50 m spannende steilwandige Bucht gebildet, in deren Tiefe ein saatbestandenes Gehängestück und ein Streifen der Talterrasse samt einem Teil der von Belzig nach Brandenburg führenden Chaussee lag. Der Boden war in zahlreichen, schmalen, nach vorn absteigenden, rückwärts geneigten Staffeln niedergesunken. Den Absturzmassen vorgelagert ragte eine breite zungenförmige Masse über den Wasserspiegel auf, die mit ihrer wild zerrütteten Oberfläche an einen Lavastrom erinnerte — die sandvermengte tonige Unterlage. — Auffallend ist bei diesem Erdrutsch seine bedeutende Tiefenwirkung bei horizontaler Lagerung des Tons. Der Befund ließ die Mechanik der Bewegung deutlich erkennen. Die an den Ausschachtungswänden ausgehenden Tone waren, nachdem das ursprüngliche Gleichgewicht durch Entfernung des Wassers gestört war, ins Fließen gekommen und durch das Nachdrücken des Hangenden so lange ausgequetscht worden, bis bei gleichzeitig steigendem Wasserspiegel das Gleichgewicht wieder hergestellt worden war. Da früher die Tone dem über ihnen zirkulierendem Grundwasser standgehalten hatten, muß die Durchfeuchtung eine außerordentliche gewesen sein. Sie war offenbar in der langen Zeit der Wasserbedeckung sowohl direkt durch das Wasser als auch besonders durch Stauung des Grundwassers erfolgt. *B. Brandt.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W. 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 46. (Seite 895—910) **12. November 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Die inkretorische Tätigkeit der Keimdrüsen und ihr Einfluß auf die Gestaltung des Körpers von *H. Stieve, Leipzig.* S. 895.

Neuere Ergebnisse auf dem Gebiete der Gerbstoff-Forschung von *Karl Freudenberg, München.* S. 930.

Besprechungen. S. 907.

Ulbricht, Richard, Das Kugelphotometer. Von *R. v. Voß, Berlin-Westend.*

Benrath, Alfred, Chemische Grundbegriffe. Von *J. Koppel, Berlin-Pankow.*

Geographische Mitteilungen. S. 907.

Seefahrtsbeobachtungen von der Ostküste Afrikas. Das abflußlose Rumpfschollenland im nordöstlichen Deutsch-Ostafrika. Der Ob. Eine neue Euphratkarte.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.

Binokulares Mikroskop mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren

Mikrophotographische und Projektionsapparate

Mikrotome, Lupen und Lupenmikroskope ❖ Prismenfernrohre.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser, Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., G. m. b. H. & Cie. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Sauerstoff-Desinfektion

der Mundhöhle zum Schutze gegen Ansteckungen (Grippe, Halsentzündung, Diphtherie, Scharlach usw.), sowie zur Erhaltung gesunder Zähne ist wirksam, bequem und ohne Nachteile ausführbar mittels

Perhydrit-Tabletten

In Wasser gelöst zum Spülen des Mundes und zum Gurgeln. Auch zur Wundreinigung geeignet.
Packungen mit 10, 25 und 50 Stück in den Apotheken und Drogerien.
(223 II)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Verjüngung durch experimentelle Neubelebung der alternden Pubertätsdrüse

Von

Dr. med. et. phil. h. c. **E. Steinach**
o. ö. Universitäts-Professor und Vorstand an der Biologischen Versuchsanstalt der Akademie der Wissenschaften in Wien

Mit 7 Textabbildungen und 11 Tafeln

Preis M. 28.— (und Sortimentszuschlag)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. **12. November 1920.** **Heft 46.**

Die inkretorische Tätigkeit der Keimdrüsen und ihr Einfluß auf die Gestaltung des Körpers.

Von H. Stieve, Leipzig.

Die beiden Geschlechter der höheren Tierarten unterscheiden sich meistens nicht nur durch den verschiedenen Bau ihrer Keimdrüsen und ihrer Begattungsorgane voneinander, sondern sie zeigen auch hinsichtlich der Gestaltung ihres Körpers recht wesentliche Unterschiede, die man im allgemeinen im Gegensatz zu den keimbereitenden und keimleitenden Geschlechtsorganen unter der Bezeichnung sekundäre Geschlechtsorgane zusammenfaßt. Besonders deutlich sind sie bei den höchsten Wirbellosen, den Insekten, und bei den meisten Arten der höchstentwickelten Tiere überhaupt, den Wirbeltieren, zu denen ja auch der Mensch gehört, ausgebildet.

Schon seit langem beschäftigt die wissenschaftliche Forschung nun die Frage, ob die Entwicklung der keimleitenden und der sekundären Geschlechtsorgane schon in der Anlage des Organismus bedingt ist oder aber in einem mehr oder weniger starken Abhängigkeitsverhältnis von den Keimdrüsen steht. Trifft diese letzte Annahme zu, so kommt den Keimdrüsen neben ihrer Hauptaufgabe, der Hervorbringung der zur Erhaltung der Art dienenden Geschlechtszellen, noch eine, allerdings nur untergeordnete Nebenaufgabe zu, die Erzeugung eines geschlechtsspezifischen Sekretes, das seine Wirkung auf den Gesamtorganismus geltend macht. Ein solches Sekret einer Drüse, das in den Blutkreislauf gelangt und sich in seiner Wirkung am Bau des ganzen Körpers geltend macht, bezeichnet man bekanntlich als Hormon oder nach *Roux* als Inkret, die Drüse, die ein solches hervorbringt, als Blutdrüse oder Drüse mit Inkretion.

Die Wirkung einer Blutdrüse läßt sich nun am besten dadurch anschaulich machen, daß man sie aus dem Körper entfernt. Natürlich muß ein solcher Eingriff möglichst früh in der Entwicklung des betreffenden Lebewesens vorgenommen werden, wenn möglich noch bevor sich die Erfolgsorgane ihrer Tätigkeit ausgebildet haben.

Bei Insekten konnten nun die grundlegenden Untersuchungen von *Meisenheimer, Kopéc* und anderen einwandfrei dartun, daß auch nach der Entfernung der Keimdrüsen im Larvenzustand, ja selbst nach der Einpflanzung der entgegengesetzt geschlechtlichen Drüse stets diejenigen sekundären Geschlechtsmerkmale voll zur Ausbildung kommen, die dem ursprünglichen Geschlecht des betreffenden Lebewesens entsprechen. Bei Insekten läßt sich also keine inkretorische Tätigkeit der Keimdrüsen beweisen, vielmehr ist hier die ganze Anlage und damit auch die Entwicklung des Individuum eine geschlechtlich festgelegte.

Anders bei den Wirbeltieren. Auch bei ihnen tritt die geschlechtliche Differenzierung der Keimdrüsen in einem sehr frühen Zeitpunkt der Embryonalentwicklung ein. Ihr folgt meist unmittelbar die Entwicklung der keimleitenden und der Begattungsorgane. Aus der ursprünglich indifferenten Anlage entwickeln sich beim Mann das Glied, die Vorsteherdrüse und die Samenblasen, beim Weibe entstehen durch stärkeres Wachstum beziehungsweise durch Rückbildung anderer Teile Eileiter, Gebärmutter und äußere Scham. Die Unterschiede sind um so tiefgreifender, je höher entwickelt die betreffende Art ist, am sinnfälligsten erscheinen sie bei den Säugetieren und beim Menschen.

Ob die Ausbildung dieser Geschlechtsorgane von der inkretorischen Tätigkeit der Keimdrüsen abhängt oder schon in der Anlage des Lebewesens bedingt ist, läßt sich heutzutage mangels entsprechender Versuche noch nicht beweisen, die unmittelbare Aufeinanderfolge der Entwicklungsvorgänge läßt aber auch hier einen inneren Zusammenhang äußerst wahrscheinlich erscheinen. Allerdings deuten manche Vorkommnisse; so besonders die nur sehr seltenen Fälle der Halbseitenzwitter, bei denen die eine Körperhälfte männlich, die andere weiblich gebaut ist, darauf hin, daß auch bei höheren Tieren die Anlage des Gesamtkörpers keine asexuelle oder potentiell zwittrige, sondern eine geschlechtlich in bestimmter Weise festgelegte ist, obwohl die Entwicklung durch den mächtigen Einfluß des Keimdrüsenhormones stark beeinflußt wird, ja sogar manchmal in das Gegenteil der ursprünglichen Anlage verwandelt werden kann.

Auf die Zeit der ersten Geschlechtsdifferenzierung folgt dann in der Entwicklung der Wirbeltiere ein Abschnitt, in dem der ganze Körper wächst und seine Organe entfaltet, ohne daß die Geschlechtsunterschiede dabei deutlicher zur Ausbildung kommen. Es ist aber falsch, diesen Entwicklungsabschnitt, der bis zur Pubertätszeit dauert, als asexuelle Jugendzeit zu bezeichnen, denn auch während seiner Dauer machen sich recht erhebliche, bei oberflächlicher Betrachtung allerdings weniger sinnfällige Unterschiede zwi-

schen männlichen und weiblichen Wesen geltend, die deutlich den Weg anzeigen, den die spätere Entwicklung gehen wird.

Schon während des Embryonallebens unterscheiden sich, wie die Untersuchungen *Kellers* gelehrt haben, bei Arten, bei denen das Männchen das Weibchen an Körpergröße und Stärke in der Ausbildung der Muskulatur und des Knochenbaues übertrifft, die beiden Geschlechter erheblich voneinander, noch stärker tritt diese Tatsache nach der Geburt in Erscheinung. Beim Menschen sind bei der Geburt die Knaben größer und schwerer als die Mädchen, eine Erscheinung, die sich in den ersten Jahren der Kindheit allerdings teilweise verwischt. Doch bleiben stets erhebliche Unterschiede im Körperbau, in der Entwicklung der Muskulatur und besonders in der Widerstandsfähigkeit gegen äußere Schädigungen, die bekanntlich beim Knaben geringer ist als beim Mädchen, bestehen. Außerdem machen sich aber auch Verschiedenheiten in der psychischen Entwicklung geltend, die ja so bekannt sind, daß ich sie hier nicht einzeln aufführen muß.

Alle diese Erscheinungen beweisen, daß die Entwicklung des Körpers auch bei Wirbeltieren, von besonderen Ausnahmen abgesehen, die jedoch stets den Charakter des Unnatürlichen tragen, stets in bestimmt geschlechtlicher Richtung erfolgt, und diese Richtung wird, wie ich gleich hier bemerken will, angegeben durch die inkretorische Tätigkeit der Keimdrüsen. Diese befinden sich während des ganzen Zeitabschnittes von ihrer Entstehung bis zur Pubertät hinsichtlich ihrer eigentlichen arterhaltenden Aufgabe in einem Zustand der Ruhe, ihre eigentliche Tätigkeit, die Hervorbringung der Keimzellen, beginnt erst dann, wenn der übrige Körper sein Wachstum und seine Entwicklung im großen und ganzen beendet hat.

Von da ab, nämlich vom Beginn der Geschlechtsreife an, kommen auch die sekundären Geschlechtsorgane zur vollen Ausbildung, auch die keimleitenden und Begattungsorgane erfahren erst da denjenigen Grad der Entwicklung, der sie zur vollen Gebrauchstüchtigkeit befähigt. Wollen wir jedoch diese Veränderungen des Körpers richtig verstehen, so müssen wir zuerst diejenigen Vorgänge kennen lernen, die sich im gleichen Zeitabschnitt an den Keimdrüsen abspielen.

Der Hoden der höheren Wirbeltiere, der Säugetiere und Vögel, nur diese sollen bei den folgenden Betrachtungen genauer berücksichtigt werden, besteht aus einer großen Anzahl von allerfeinsten, stark gewundenen Röhren oder Kanälchen, deren Innenfläche im Jugendzustand von einer einfachen Schicht großer, indifferenter Zellen, den Ursamenzellen, ausgekleidet ist. Aus diesen können sich einerseits nach verwickelten Vorgängen die Samenzellen, andererseits die zur Ernährung der Samenfäden dienenden Sertolischen Zellen entwickeln. Die Kanälchen sind von einer dünnen bindegewebigen Hülle umgeben und in das lockere Bindegewebe des Hodens eingelagert, in dem sich neben zahlreichen Blut- und Lymphgefäßen bald kleinere, bald größere Gruppen von sogenannten „Leydigschen“ oder Zwischenzellen finden. Ihnen wurde in letzter Zeit vielfach, jedoch, wie wir sehen werden, zu Unrecht, die inkretorische Tätigkeit des Hodens zugesprochen, ja manche französische Forscher, besonders *Bouin* und *Ancel*, bezeichnen sie als „interstitielle Drüse“, während *Steinach* ihnen den Namen „Pubertätsdrüse“ gegeben hat.

Die Zwischenzellen sind sehr verschieden geformte Gebilde mit großem, runden Kern. Ihre Größe schwankt auch beim männlichen Individuum innerhalb sehr weiter Grenzen, häufig besitzen sie zwei und mehr Kerne, die Zellgrenzen sind nicht immer deutlich. Das Bezeichnendste am Bau der Zwischenzellen ist aber der Umstand, daß ihr Plasmaleib stets mit Pigment oder fettartigen Körnchen vollgepfropft ist, beim Menschen finden sich in ihm außerdem noch Kristalle und andere Einschlüsse. Die Zwischenzellen entstehen stets aus den spindelförmigen Gebilden des Bindegewebes durch Aufnahme von Fett und können sich wahrscheinlich durch Abgabe der Fettsubstanzen wieder in Bindegewebszellen verwandeln. Im Hoden des Embryo sind sie kurz nach seiner Entstehung in großer Zahl nachzuweisen, sie erfahren aber dann eine fortschreitende Verminderung und erst unmittelbar vor der Pubertät eine geringgradige Vermehrung. Während der Zeit der Geschlechtsreife schwankt ihre Menge innerhalb weiter Grenzen, sie erfährt im Greisenalter, wenn die Geschlechtstätigkeit zu erlöschen beginnt, eine leichte Vermehrung. Alle diese Volumenschwankungen der Zwischenzellen sind zum Teil durch die größere oder geringere Menge des in ihren Plasmaleibern gespeicherten Fettes bedingt, in der Hauptsache aber durch die ungeheuren Volumenschwankungen vorgetäuscht, denen die Masse der Hodenkanälchen besonders bei vielen Tierarten unterworfen ist. Eine tatsächliche Vermehrung der Zwischenzellen durch direkte oder indirekte Zellteilung findet unter physiologischen Bedingungen im Hoden während des extrauterinen Lebens nicht statt, sie tritt, wie die sehr ausführlichen Untersuchungen *Kyrles* gezeigt haben, nur dann ein, wenn durch irgendwelche Schädigungen, auf die ich gleich zurückkommen werde, das Samenepithel zur Rückbildung gelangt. Nur in diesem Falle tritt tatsächlich eine zahlenmäßige Vermehrung der Zwischenzellen ein, die bei einem erfolgten Ausgleich der Schädigung wieder gewöhnlichen Verhältnissen Platz macht.

Zu Beginn der Pubertätszeit erfahren nun die das Innere der Hodenkanälchen auskleidenden Zellen eine sehr lebhafte Vermehrung, die bis dahin einfache Epithelschicht wird vervielfacht. Als Folge davon nimmt der Durchmesser der

Hodenkanälchen, die gleichzeitig stark in die Länge wachsen, sehr erheblich zu, und diese beträchtliche Vergrößerung der Kanälchen bedingt eine ungeheure Vergrößerung des Gesamthodens, die bei vielen Arten das Vielfache der früheren Masse betragen kann. Da die Masse der Zwischenzellen im gleichen Zeitraum keine erhebliche Vermehrung erfährt, so erscheint sie im geschlechtsreifen Hoden gegenüber dem präpuberalen Zustand vermindert. Allerdings ist diese Verringerung nur eine relative, durch die ungeheure Vergrößerung der Samenkanälchen vorgetäuschte.

Bei Arten, bei denen wie beim Menschen nach der Pubertät die Fruchtbarkeit bis zum Greisenalter dauernd erhalten bleibt, verändert sich das histologische Bild des Hodens in der Folgezeit nicht mehr wesentlich. Anders bei solchen Arten, bei denen die Fähigkeit zur Begattung nur einmal im Jahre zu bestimmter Zeit, der Fortpflanzungs- oder Brunstzeit, vorhanden ist. Bei ihnen erfolgt jeweils zu Beginn dieser Brunst eine Veränderung des Hodens, wie wir sie oben als für die Pubertätszeit bezeichnend kennen gelernt haben, nach Ablauf der Brunst bildet sich aber der Hoden meist sehr rasch wieder auf den präpuberalen Zustand zurück, alle Samenzellen werden ausgestoßen, bis die Kanälchen wieder nur von einer einfachen Schicht von Vorsamenzellen ausgekleidet sind. Die Kanälchen selbst verkürzen sich und verkleinern ihren Durchmesser, der ganze Hoden nimmt erheblich an Größe ab; da sich aber die Menge des Zwischengewebes nicht wesentlich verändert, so erfährt sie eine im Vergleich zu den Samenkanälchen relative Vermehrung. Bei solchen Tieren mit periodischer Brunst wiederholen sich also gewissermaßen jährlich einmal die Erscheinungen der Pubertät.

Etwas anders als eben für die Hoden dargestellt wurde, liegen die Verhältnisse in den Eierstöcken. Nur bei niederen Arten bis herauf zu den Urodelen (Schwanzlurchen) findet in ihnen alljährlich einmal eine Vermehrung der Keimzellen statt, die den gleichen Vorgängen im Hoden gegenübergestellt werden kann. Bei allen höheren Arten, also auch beim Menschen, entstehen dagegen alle Eier, die während des ganzen Lebens jemals zur Ablage gelangen können, schon während der ersten Abschnitte der Embryonalentwicklung. Die Urkeimzellen sondern sich auch hier in zwei Gruppen, deren eine die eigentlichen Eizellen bildet und schon nach kurzer Zeit die Fähigkeit zur Teilung verliert, während die andere zu Follikelepithelzellen umgestaltet wird. Diese umgeben und ernähren den wachsenden Follikel, sie behalten dauernd die Fähigkeit, sich zu teilen und zu vermehren bei.

Das Ovar des jugendlichen Säugetieres besteht demnach aus einer sehr großen Zahl von kleinen, sogenannten Primordialfollikeln. Diese besitzen eine doppelte Hülle, deren innere Schicht von den Epithel- oder Granulosazellen, den umgewandelten Abkömmlingen des Keimepithels, gebildet wird, während die äußere, die Theca, aus spindelförmigen Bindegewebszellen besteht. Aus Bindegewebe besteht auch die mehr oder weniger reichliche Grundsubstanz, das Stroma des Eierstockes, in ihm finden sich neben den Blut- und Lymphgefäßen vereinzelte Zwischenzellen von ähnlichem Bau wie die des Hodens, auch ihr Plasmaleib ist von Fetttröpfchen erfüllt, und auch sie entstehen aus den Bindegewebszellen.

Im Anfang der Geschlechtsreife beginnt nun eine mehr oder weniger große Zahl der kleinen Primordialfollikel zu wachsen, ihr Kern vergrößert sich und gleichzeitig wird im Plasmaleib eine erhebliche Menge von Nährstoffen angesammelt. Hand in Hand damit erfahren die zu dem betreffenden Ei gehörigen Granulosazellen eine lebhafte Vermehrung, die so stark ist, daß die Epithelzellenschicht stets die Oberfläche des ganzen Follikels gleichmäßig überzieht.

Doch bei weitem nicht alle Follikel, die gleichzeitig zu wachsen beginnen, vollenden ihre Entwicklung tatsächlich bis zur völligen Reife und zur Ausstoßung des Eies aus dem Eierstock. Ein sehr großer Teil von ihnen, ja man kann sagen die Mehrzahl, bildet sich vielmehr früher oder später zurück. Daher geht das Ei selbst, ebenso wie die Granulosazellen, zugrunde, die Thecazellen aber verwandeln sich durch reichliche Aufnahme von Fett, das offenbar aus den beim Untergang des Follikels freiwerdenden Nährstoffen gebildet wird, zu Zwischenzellen um, die man wegen ihrer gelblichen Farbe als Thecaluteinzellen bezeichnet.

Beendet ein Follikel seine Entwicklung, so wird sein Inhalt, das reife Ei, ausgestoßen. Bei vielen Arten erfolgt dieser Vorgang nur nach stattgehabter Cohabitation. Unterbleibt diese, so bildet sich auch der reife Follikel noch zurück, doch tritt dabei, wie die neuesten Untersuchungen von *v. Winiwarter* und *Sainmont* gelehrt haben, häufig kein völliger Zerfall, sondern sogar eine geringgradige Wucherung der Granulosazellen ein.

Wird aber das Ei ausgestoßen, so bildet sich der geplatzte Follikel innerhalb von wenigen Stunden zum gelben Körper um. Es kommt, wie die grundlegenden Arbeiten *Sobottas* gelehrt haben, zu einer erheblichen Vergrößerung der Granulosazellen, sie beladen sich mit Fett, das Bindegewebe der Theca sproßt, ohne sich an der Bildung der typischen fettbeladenen Zellen zu beteiligen, zwischen die Zellenmassen, und so entsteht ein mehr oder weniger großer, aus Granulosaluteinzellen bestehender Körper, das Corpus luteum. Erfolgt keine Befruchtung und Schwangerschaft, so bleibt er nur klein und bildet sich rasch zurück, wir bezeichnen ihn dann besonders beim Menschen als Corpus luteum menstruationis.

Tritt dagegen Trächtigkeit ein, so vergrößern und vermehren sich die Granulosazellen weit beträchtlicher, der gelbe Körper, den wir dann als Corpus luteum graviditatis bezeichnen, wird weit

größer und bleibt bis zum Ende der Schwangerschaft erhalten. Zahlreiche Versuche, besonders von *Fraenkel* und *Seitz*, haben ergeben, daß die Anwesenheit eines gelben Körpers zum Zustandekommen der Schwangerschaft nötig ist, allerdings nur während der ersten Tage der Trächtigkeit, wo das von ihm abgesonderte Inkret bestimmte Veränderungen der Gebärmutterschleimhaut bewirkt und dadurch erst die Festsetzung des Eies ermöglicht. Später verhindert dann der gelbe Körper während der ganzen Zeit seiner Anwesenheit das Heranreifen neuer Follikel, ja er bewirkt sogar die Rückbildung aller in den Eierstöcken des betreffenden Weibchens befindlichen Follikel, die schon in das Wachstum eingetreten sind, also den Zustand des Primordialfollikels verlassen haben. Von den Zellen des Corpus luteum wird demnach ein spezifisches Hormon, das die eben beschriebene Wirkung besitzt, abgesondert, es handelt sich hier um die inkretorische Tätigkeit der Granulosazellen, also entsprechend abgeänderter Abkömmlinge des Keimepithels.

Die inkretorische Wirkung der Keimdrüsen als ganzes wird am einfachsten dadurch gezeigt, daß die Hoden bzw. die Eierstöcke vollkommen aus dem Körper entfernt werden. Diese Operation, die Kastration oder Verschneidung, wird von Tierzüchtern vielfach aus bestimmten Gründen vorgenommen, und zwar gewöhnlich nur bei männlichen Individuen. Auch beim Menschen wird sie manchmal ausgeführt, früher bei den Knaben des berühmten Chores der Sixtinischen Kapelle, heute noch im Orient bei den Wächtern des Harems, den Eunuchen, außerdem aus religiösen Gründen bei einer gewissen besonders in Rußland bestehenden Sekte, den Skopzen.

Die Kastration ist in ihrer Wirkung verschieden beim Mann und beim Weib, verschieden besonders je nachdem sie vor oder nach der Pubertätszeit vorgenommen wird. Beim männlichen Individuum bedingt die präpuberale Verschneidung ein Stehenbleiben der Geschlechtsmerkmale auf kindlicher Stufe, Penis, Prostata und Samenblasen bleiben klein, die sekundären Geschlechtsmerkmale kommen nicht oder nur in ganz geringem Grade zur Ausbildung. Daneben zeigt der Körper eine starke Neigung zu Fettansatz, der jedoch meist auf bestimmte Körperteile beschränkt ist, so beim Menschen besonders auf die Hüften und die Gesäßgegend.

Auch beim Weib bedingt die Frühkastration ähnliche Erscheinungen, die Gebärmutter bleibt auf kindlicher Entwicklungsstufe stehen, die Brustdrüsen vergrößern sich nicht, es kommt außerdem niemals mehr zu derjenigen Wucherung der Gebärmutterschleimhaut, welche die Menstruation bzw. die Brunst kennzeichnet. Der Geschlechtstrieb unterbleibt bei Tieren vollkommen und erfährt auch beim Menschen eine zum mindesten sehr erhebliche Abschwächung.

Daneben sehen wir aber, daß bei den Frühverschnittenen beider Geschlechter das Wachstum der langen Röhrenknochen nicht seinen gewöhnlichen Abschluß in derjenigen Zeit findet, die sonst der Pubertät entspricht, sondern über diesen Abschnitt fortdauert, so daß sich Frühkastraten bei den Säugetieren meistens durch eine außergewöhnliche Länge der Extremitäten von den Geschlechtstieren unterscheiden. Als Folge davon gleichen sich die Kastraten beider Geschlechter mehr, als dies bei den Geschlechtstieren der Fall ist, sie zeichnen sich eben durch die Disproportion des Körperbaues aus.

Bei kastrierten weiblichen Hühnervögeln entwickelt sich ein Federkleid, das dem des Hahnes bzw. des Kapaunen sehr ähnlich ist, außerdem kommen bei ihnen die Sporen, sonst ein Zeichen des männlichen Geschlechtes, zur vollen Entwicklung. Ähnliche Beispiele finden sich auch bei anderen Arten, es scheint also, daß die Entwicklung bestimmter Merkmale durch die Anwesenheit der Eierstöcke, nicht aber der Hoden, unterdrückt wird.

Die Spätkastration ist in ihren Folgen der Frühkastration ähnlich, nur sind die Erscheinungen hier nicht so sinnfällig wie dort, sie führen meist nur zu einem langsamen Erlöschen der Geschlechtstätigkeit, zu geringgradiger Rückbildung der sekundären Merkmale und vielfach auch zu außergewöhnlichem Fettansatz, auf die Gestaltung des Knochengerüstes, dessen Wachstum ja beendet ist, bleiben sie ohne Einfluß.

Aus den angeführten Tatsachen ergibt sich nun der Schluß, daß die Ausbildung der sekundären Geschlechtsmerkmale bzw. ihre bei beiden Geschlechtern verschiedene Entwicklung durch die inkretorische Tätigkeit der Keimdrüsen bedingt ist. Andere Einflüsse, besonders auch die Übertragung der Wirkung auf dem Wege der Nervenbahnen, lassen sich durch entsprechende Versuche ausschließen; es kann nämlich gezeigt werden, daß Hoden sowohl als auch Ovarien nach ihrer Verpflanzung an eine andere Körperstelle, auch nach Übertragung in ein anderes, vorher kastriertes Lebewesen des gleichen Geschlechtes die nämliche Wirkung entfalten, falls sie zur funktionstüchtigen Anheilung gelangen. Sie bedingen sogar nach Übertragung in ein jugendliches, vorher kastriertes Tier des anderen Geschlechtes die Ausbildung der, der betreffenden Keimdrüse, nicht aber dem ursprünglichen Geschlecht des behandelten Tieres entsprechenden Merkmale. So gelang es, männliche kastrierte Ratten und Meerschweinchen durch Einpflanzung von Ovarien so weit zu feminieren, daß sie sich körperlich und psychisch wie Weibchen benahmen, Junge säugten und sogar auf normale Männchen einen gewissen Geschlechtsreiz auszuüben vermochten. Der nämliche Versuch glückte auch bei umgekehrter Ausführung.

Allerdings zeigen zahlreiche, von *Rörig* ausgeführte Beobachtungen bei geweihtragenden Hirscharten, daß hier besondere Verhältnisse bei der Bildung der Geweihe vorliegen, die sich nicht

einfach mit der inkretorischen Tätigkeit der Keimdrüsen allein erklären lassen. Drei Fälle von bei Vögeln beobachteten Halbseitenzwittern, deren eine Körperhälfte bei Anwesenheit einer zwittrigen Keimdrüse rein männlich, die andere aber rein weiblich ausgebildete sekundäre Geschlechtsmerkmale aufwies, legen außerdem, wie schon erwähnt, den Gedanken nahe, daß auch bei den Wirbeltieren so wie bei den Insekten ursprünglich die Anlage des gesamten Körpers eine in geschlechtlicher Hinsicht bestimmte ist.

Die Tatsache, daß die Kastraten beider Geschlechter sich hinsichtlich ihrer Körperform, hauptsächlich wegen des Wegfalles der sekundären Geschlechtsmerkmale, dann aber auch besonders wegen der außergewöhnlichen Länge der Gliedmaßen mehr gleichen als die Geschlechtsformen, haben *Tandler* und *Großz* dazu geführt, die durch Kastration bedingte Form als eigentliche Artform den beiden Geschlechtsformen gegenüberzustellen, bei denen die Artmerkmale mehr verwischt sein sollen. Eine solche Schlußfolgerung ist selbstverständlich falsch. Die durch Kastration erzeugten Formen stellen Mißbildungen dar, deren besondere Gestaltung durch den krankhaften Ausfall der wichtigen inkretorischen Keimdrüsentätigkeit bedingt ist. Wir sind bei ihnen ebensowenig berechtigt, von einer Artform zu reden, wie bei jenen außergewöhnlichen Formen, die durch die krankhafte Tätigkeit der Schilddrüse bedingt werden und bei denen sich auch beide Geschlechter mehr oder weniger gleichen.

Eine dem Kastraten gleiche oder ähnliche Gestaltung erfährt der Körper des Menschen auch dann, wenn die Keimdrüsen aus irgendwelchen, uns bisher noch unbekannten Gründen nicht die gewöhnliche Ausbildung zeigen, wenn also die eigentliche Entwicklung der Keimzellen unterbleibt. Wir bezeichnen diese Erscheinung als Eunuchoidismus, Hypogenitalismus oder Infantilismus, im Gegensatz zur sexuellen Frühreife, die durch eine frühzeitige Ausbildung der sekundären Geschlechtsmerkmale gekennzeichnet ist. Sie wird meistens durch eine außergewöhnlich frühe Entwicklung der Keimdrüsen bedingt, kann aber auch durch Geschwülste der Hoden und Ovarien hervorgerufen sein.

Die Tatsache, daß bei allen höheren Arten die endgültige Entwicklung der keimleitenden und die völlige Ausbildung der sekundären Geschlechtsorgane auf die beträchtliche Vermehrung der Samenzellen beim Manne, das erhebliche Wachstum der Eizellen und die Vermehrung der Follikelepithelien beim Weibe folgt, bzw. Hand in Hand mit diesen Erscheinungen geht, legt ohne weiteres den Gedanken nahe, daß das von den Keimdrüsen abgesonderte, geschlechtsspezifische Inkret, das die Entwicklung der besprochenen Merkmale zur Folge hat, von den Keimzellen selbst hervorgebracht wird, nicht aber von den Zwischenzellen, die im fraglichen Zeitabschnitt keine wesentliche Vermehrung oder Vergrößerung erfahren.

Wir hätten demnach in den Keimzellen Gebilde zu erblicken, denen eine doppelte Aufgabe zukommt, einmal und in erster Linie die Erhaltung der Art, dann aber die Erzeugung desjenigen Inkretes, das die geschlechtsspezifische Entwicklung des ganzen Körpers bedingt. Die Tätigkeit der Keimzellen könnte dann am besten mit der gewisser Bakterienarten verglichen werden, z. B. der Diphtherie- und Starrkrampfbazillen, die sich auch nur an einer einzigen Stelle des Körpers vermehren und gleichzeitig eine, allerdings schädigende Substanz hervorbringen, deren Wirkung sich am ganzen Körper geltend macht.

Zweifellos kommt den Keimzellen diese doppelte Aufgabe bei allen denjenigen niederen Arten, bis herauf zu den Urodelen zu, in deren Keimdrüsen keine Zwischenzellen nachgewiesen werden können. Wir haben es hier mit Fällen zu tun, in denen eine Sonderung der Keimzellen vorhanden ist, die es gestattet, ihre alleinige Wirkung zu untersuchen. Bei den höheren Arten dagegen finden sich in den Keimdrüsen, soweit die genaueren bisherigen Untersuchungen ergeben haben, stets auch noch die Zwischenzellen, denen ja von einigen Seiten, hauptsächlich von *Tandler, Steinach* und ihren Schülern, die inkretorische Tätigkeit zugeschrieben wird. Ein Beweis für diese Anschauung konnte jedoch, wie ich gleich hier vorwegnehmen will, bisher noch nicht erbracht werden, da es noch niemals gelungen ist, die Zwischenzellen auch nur einigermaßen von den Keimzellen zu trennen. Wenn daher von manchen Seiten von einer „isolierten Pubertätsdrüse" gesprochen wird, so ist dieser Ausdruck stets falsch, denn in den in Rede stehenden Fällen konnten stets noch Keimzellen nachgewiesen werden.

Als hauptsächlichste Beweise für die inkretorische Tätigkeit der Zwischenzellen werden immer wieder einige physiologische und pathologische Vorkommnisse sowie die aus verschiedenen Tierversuchen gewonnenen Ergebnisse angeführt, die ich im folgenden kurz besprechen will.

Wie schon erwähnt, erfahren bei Tieren mit periodischer Brunst die Keimzellen im Hoden jeweils vor und während der Geschlechtsperiode eine sehr erhebliche Vermehrung, die eine ungeheure Vergrößerung der ganzen Keimdrüse, bei vielen Vogelarten auf das Tausendfache des früheren Rauminhaltes, bewirkt. Nach der Brunst bilden sich dann die Hoden auf einen den präpuberalen Verhältnissen fast gleichen Zustand zurück. Die Zwischenzellen beteiligen sich an diesen Mengenschwankungen so gut wie gar nicht, infolgedessen erscheint ihre Gesamtmasse in der Zeit der Geschlechtsreife, wo die Keimzellen sehr stark vermehrt sind, nur gering, in der Zeit der Geschlechtsruhe aber beträchtlich. *Tandler* und *Großz* nahmen nun an, daß in der

Zeit der Geschlechtsruhe eine tatsächliche Vermehrung der Zwischenzellen statt hat, die mit einer gesteigerten Inkretabsonderung einhergeht. Dadurch soll die neue Geschlechtsperiode vorbereitet, beziehungsweise überhaupt ermöglicht werden. Die beiden Wiener haben sich dabei aber täuschen lassen, in Wirklichkeit findet nämlich in der Geschlechtsruhe, wie ich durch genaue Messungen und Vergleichungen zeigen konnte, keine Vermehrung der Zwischenzellen statt, sie ist nur durch die starke Rückbildung der Samenkanälchen vorgetäuscht. Da also die Voraussetzungen für die von *Tandler* und *Groβz* aufgestellte Annahme nicht richtig sind, so sind auch die daraus gezogenen Schlußfolgerungen falsch und lassen sich nicht im Sinne einer inkretorischen Zwischenzellentätigkeit verwenden, im Gegenteil, das Zusammentreffen der starken Keimzellenvermehrung mit dem jeweiligen Auftreten der Brunsterscheinungen zeigt deutlich, daß hier ein inneres Abhängigkeitsverhältnis besteht.

Bei einer ganzen Reihe von Tierarten, bei denen die Hoden physiologischerweise wie beim Menschen in einer Hauttasche außerhalb der Bauchhöhle, dem Hodensack, gelagert sind, kommt es nicht allzuselten vor, daß bei dem einen oder anderen Individuum beide Testikel innerhalb der Bauchhöhle oder im Leistenkanale liegen bleiben und dort als Folge der unnatürlichen Ernährungsbedingungen, wahrscheinlich auch wegen des starken Druckes der umgebenden Gewebe, nicht voll zur Entwicklung kommen. Die betreffenden Tiere sind häufig unfruchtbar, sie zeigen aber alle männlichen Geschlechtsmerkmale in voller Ausbildung, vielfach ist der Geschlechtstrieb bei ihnen sogar gesteigert.

Die histologische Untersuchung ergibt nun stets eine mehr oder weniger starke Vermehrung der Zwischenzellen gegenüber normalen Verhältnissen, während die Samenkanälchen größtenteils ein dem präpuberalen Zustand entsprechendes Verhalten zeigen. Ihr Inneres ist meistens nur von einer einfachen Schicht großer Ursamenzellen ausgekleidet, nur an wenigen Stellen findet tatsächliche Samenbildung statt. Diese ektopischen Hoden werden vielfach als „isolierte Pubertätsdrüsen" bezeichnet, eine Benennung, die schon aus dem Grunde falsch ist, weil sich in ihnen ja stets Ursamenzellen finden und es sich niemals beweisen läßt, ob nicht von diesen die Inkretion ausgeht, ganz abgesehen davon, daß sich bei genauer Untersuchung auch in solchen ektopischen Hoden an vereinzelten Stellen, die offenbar durch den Druck weniger geschädigt werden, fast stets auch normale Spermatogenese findet. Offenbar können die reifen Samenfäden aber wegen der ungünstigen Lagerung des Hodens nicht in die Ausführungsgänge gelangen, sie werden an Ort und Stelle wieder resorbiert, und mit dieser Tatsache läßt sich der gesteigerte Geschlechtstrieb erklären. Sehen wir ja auch sonst bei Tieren und beim Menschen eine Steigerung des Geschlechtstriebes eintreten, wenn der Samen im Hoden zu lange zurückgehalten wird.

Der Kryptorchismus läßt sich auch durch operative Verlagerung der Hoden erzielen, außerdem werden ganz ähnliche Erscheinungen durch Unterbindung des Vas deferens, des Hodenausführungsganges, bewirkt. Als Folge dieses Eingriffes kommt es bei Arten, bei denen im geschlechtsreifen Zustand ständig Samen gebildet wird, zu einer schweren Sekretstauung im Hoden, die schädigend auf die Kanälchenepithelien einwirkt. Die Spermatogenese kommt zum Stillstand, die Samenzellen bilden sich zurück, so lange, bis die Wand der Kanälchen nur mehr von einer einfachen Spermatogonienschicht, wie im präpuberalen Zustand, ausgekleidet wird. Gleichzeitig erfahren die Zwischenzellen, wie stets dann, wenn auf den Hoden eine Schädigung einwirkt, die zur Rückbildung der Samenzellen führt, eine mehr oder weniger starke Vermehrung. Wird die Unterbindung im jugendlichen Alter vorgenommen, so bleibt sie zunächst ohne schädliche Folgen, die Spermatogenese und mit ihr die entsprechenden Veränderungen am Körper vollzieht sich in der gewohnten Art und Weise so lange, bis reife Samenfäden gebildet werden. Erst dann kommt es, da den Spermatozoen ja der physiologische Austritt aus dem Hoden verwehrt ist, zu einer Sekretstauung und zu entsprechenden Rückbildungsvorgängen.

Bei Tieren mit periodischer Brunst machen sich die schädlichen Folgen der Unterbindung nur während der Zeit der Geschlechtsreife geltend, denn nur da werden Samenfäden ausgestoßen, und infolgedessen kommt es nur hier zu einer Sekretstauung. Im Anschluß daran bildet sich der Hoden rascher zurück als unter normalen Verhältnissen, im übrigen verläuft die jährliche Entwicklung der Samenzellen in den gewohnten Bahnen.

Die Ausbildung der sekundären Geschlechtsmerkmale wird durch die Unterbindung oder Durchschneidung des Vas deferens, die dasselbe Ergebnis zeitigt, in keiner Weise beeinflußt. Da sich aber in den Hoden der so behandelten Tiere stets noch Ursamenzellen nachweisen lassen, da außerdem, wie die jüngsten Ergebnisse der Steinachschen Versuche zeigen, einige Zeit nach dem Eingriffe auch bei Tieren mit kontinuierlicher Brunst immer wieder eine Neubildung von Samenfäden stattfindet, so können auch die Ergebnisse dieser Versuche nicht im Sinne einer inkretorischen Tätigkeit der Zwischenzellen verwendet werden. Die Steigerung des Geschlechtstriebes, die häufig nach dem Eingriff zu beobachten ist, beruht auch hier auf der Stauung und Resorption der Spermatozoen.

Bei Eunuchoiden, also bei Menschen mit mangelhaft entwickelten sekundären Geschlechtsmerkmalen, zeigt die histologische Untersuchung der Hoden zumeist starke krankhafte Veränderungen der Samenzellen, das Zwischengewebe ist dabei meistens bindegewebig entartet, arm an Zwischen-

zellen. In manchen Fällen, so besonders bei den von *Dürck* und von *Mazzetti* beschriebenen, fand sich jedoch sehr mangelhafte Ausbildung der sekundären Geschlechtsmerkmale zusammen mit starker Wucherung der Zwischenzellen in den Hoden, während die Keimzellen krankhaft verändert waren. Auch diese Tatsachen sprechen für die inkretorische Tätigkeit der Keimzellen.

Im gleichen Sinne lassen sich auch die Ergebnisse von Versuchen verwerten, die *Ribbert* und seine Schüler ausführten. Sie entfernten bei jugendlichen Tieren einen Hoden und sahen im Anschlusse daran eine kompensatorische Hypertrophie des im Körper verbliebenen Hodens eintreten. Dieser verrichtet, wie ja stets in solchen Fällen, auch die Aufgaben der entfernten Gewebsteile und erfährt aus diesem Grunde, entsprechend seiner gesteigerten Leistung, eine Vergrößerung. Diese ist aber, wie die mikroskopische Untersuchung einwandfrei ergab, nur durch eine Vermehrung der Keimzellen, nicht aber der Zwischenzellen bedingt. Die keimleitenden und sekundären Geschlechtsorgane werden in gewöhnlicher Weise ausgebildet. Auch diese Versuche, die an weiblichen Tieren ausgeführt, zum nämlichen Ergebnis führten, zeigen, daß die Hormonabsonderung von den Keimzellen selbst, nicht von den Zwischenzellen ausgeht.

Treffen irgendwelche Allgemeinschädigungen den Körper, z. B. schwere Infektionskrankheiten, oder wird der Organismus durch Gifte, wie den im Übermaß genossenen Alkohol geschädigt, so findet man auch an den Keimdrüsen stets entsprechende Veränderungen. Die Schädigungen betreffen dabei immer die eigentlichen Keimzellen, diese bilden sich mehr oder weniger stark zurück, gleichzeitig erfahren die Zwischenzellen eine Vermehrung. Nach Wegfall der Schädigung stellen sich, falls die Beeinflussung keine zu starke war und deshalb zur bindegewebigen Entartung der ganzen Keimdrüse führte, die gewöhnlichen Verhältnisse rasch wieder her.

In gleicher Weise kann eine gesonderte Schädigung der Keimzellen durch die Einwirkung von Röntgenstrahlen bewirkt werden, sie führt im Hoden zu einem Stillstand der Samenentwicklung, das Kanälchenepithel bildet sich zurück und gleichzeitig vermehren sich die Zwischenzellen. Als Folge dieser Veränderung erlischt die Fruchtbarkeit, während der Geschlechtstrieb und die Ausbildung der sekundären Geschlechtsmerkmale zunächst keine Einbuße erleiden. Nur ganz schwere Röntgenschädigungen, die zur Vernichtung aller Samenzellen führen, kommen in ihrer Wirkung der Kastration gleich. Sind die Eingriffe nicht so tiefgehend, so lassen sich in den behandelten Hoden, wie die sehr gründlichen Untersuchungen *Kyrles* und *Simmonds* gelehrt haben, stets noch unversehrte Samenzellen nachweisen, von denen später die mehr oder weniger vollständige Regeneration des Kanälchenepithels ausgeht. Eine Sonderung der Hodenzwischenzellen findet also auch durch die Röntgenstrahlenbehandlung nicht statt, ebensowenig durch irgendwelche Allgemeinschädigungen des Organismus, und deshalb lassen sich auch die Ergebnisse dieser Versuche nicht im Sinne einer inkretorischen Tätigkeit der Zwischenzellen verwerten.

Das Nämliche trifft auch für die Ovarien zu, auch bei ihnen bedingt die schwache Behandlung mit Röntgenstrahlen den Zerfall eines großen Teiles der Keimzellen, und zwar besonders aller derjenigen Follikel, die den Primordialzustand verlassen haben, also in das Wachstum eingetreten sind. Wie stets bei diesem Vorgange geht die Rückbildung der Follikel mit einer Vergrößerung der bindegewebigen Thecazellen einher, diese verwandeln sich durch reichliche Ansammlung von Fett in ihrem Protoplasmaleib in Thecaluteinzellen, also in Zwischenzellen. Ist die Schädigung keine zu tiefgreifende, so beginnen, wie besonders die Arbeiten von *Reifferscheid* und seinen Schülern gelehrt haben, die ungeschädigten Primordialfollikel bald wieder zu wachsen, die große Mehrzahl der Thecaluteinzellen verwandelt sich durch Abgabe des Fettes wieder zu spindeligen Bindegewebselementen und nach kürzerer oder längerer Zeit zeigt das Ovar wieder den gewöhnlichen Bau. Während der Dauer der Schädigung unterbleibt der Einfluß des Eierstockes auf den Gesamtorganismus, es kommt zu keiner Veränderung der Uterusschleimhaut, also auch nicht zur Menstruation oder Brunst. Bei sehr starker Einwirkung der Röntgenstrahlen werden im Eierstock alle Keimzellen zerstört, er entartet bindegewebig und dann kommt der Eingriff in seinen Folgen einer völligen Kastration gleich, nur vollziehen sich die Erfolgserscheinungen am Körper nicht mit der gleichen Heftigkeit wie nach der operativen Entfernung beider Eierstöcke, da die zugrunde gehenden Follikel offenbar noch eine Zeitlang eine geringe Menge von Sekret absondern. Die Wirkung ist also eine langsamere. Aus diesem Grunde wird die Kastration durch Röntgenstrahlen heute vielfach zu Heilzwecken der operativen Verschneidung vorgezogen.

Etwas anders als eben geschildert sind die Erscheinungen, die eine schwache Röntgenisation der Ovarien bei jungen, noch nicht geschlechtsreifen Tieren hervorruft. Sie bedingt zunächst nach den Angaben von *M. Fraenkel*, daß das Wachstum des betreffenden Tieres frühzeitig zum Stillstand kommt. Ein Einfluß auf die Geschlechtstätigkeit läßt sich dagegen gewöhnlich nicht feststellen, ja in vielen Fällen bewirkt die schwache Röntgenisation sexuelle Frühreife, behandelte Meerschweinchen können schon im Alter von 7 Wochen trächtig werden. In den Versuchen von *Steinach* und *Holzknecht* stellte sich bei ganz jungen Tieren häufig 3—4 Wochen nach der Behandlung ein starkes Wachstum der Milchdrüsen ein, daß in vielen Fällen sogar bis zur Sekretion führte. Es läßt sich aber heute noch nicht entscheiden, inwieweit diese Erscheinung

durch die inkretorische Tätigkeit der Eierstöcke bedingt ist, da wir über die Abhängigkeit der Milchdrüsen von den Ovarien noch recht wenig wissen. Sicher ist nur, daß eine mäßige Vergrößerung der Brustdrüsen, die jedoch nicht zur Sekretion führt, zu den Erscheinungen der Pubertät gehört. Die eigentliche Milchsekretion ist aber von den Eierstöcken unabhängig, sie tritt nach der Entbindung auch dann ein, wenn während der späteren Zeit der Schwangerschaft die Ovarien entfernt wurden. Sehr häufig kommt es außerdem nach der Kastration bei virginellen Tieren und auch beim Menschen, ja selbst bei männlichen Individuen zu einer starken Schwellung der Brustdrüsen, die bis zur Milchabsonderung führen kann. Ähnliche Verhältnisse liegen offenbar bei den Steinachschen Versuchen vor. Ist die Milchsekretion nach der Geburt im Gange, so wird durch die Kastration die Menge der abgesonderten Milch und angeblich auch ihr Fettgehalt gesteigert. Aus diesem Grunde führen Landwirte bei älteren Kühen häufig die Verschneidung aus.

Auch die bei der Röntgenbestrahlung gewonnenen Ergebnisse lassen sich also nicht im Sinne einer inkretorischen Tätigkeit der Zwischenzellen verwerten, auch sie zeigen vielmehr, daß den Keimzellen selbst die Aufgabe der Hormonabsonderung zukommen muß.

Als letzter und mit als hauptsächlichster Beweis für die inkretorische Tätigkeit der Zwischenzellen werden von verschiedenen Seiten noch die Ergebnisse der in den letzten Jahren häufig ausgeführten Keimdrüsenübertragungen angeführt. Sie lassen sich kurz dahin zusammenfassen, daß die erfolgreiche Transplantation, die zur Anheilung der Keimdrüse im gleichen Organismus an außergewöhnlicher Stelle oder im fremden, vorher kastrierten Tier führt, die Folgen der Verschneidung verhindert, also die der betreffenden Drüse entsprechenden sekundären Geschlechtsmerkmale auch beim entgegengesetzt geschlechtlichen Tier zur Ausbildung kommen läßt.

Die histologische Untersuchung der Transplantate ergibt dabei folgendes. Im Hoden bilden sich die Samenzellen langsam zurück, eine wirklich funktionstüchtige Anheilung gelingt hier niemals. Die Zwischenzellen erfahren vielleicht eine geringe Vergrößerung, wie stets dann, wenn die Keimzellen geschädigt werden. Ist jedoch die Rückbildung der Samenzellen eine vollständige, so verfallen auch sie der bindegewebigen Entartung, das ganze Transplantat geht dann zugrunde. Ein Einfluß auf den Körper des behandelten Tieres läßt sich aber dabei nur so lange feststellen, als tatsächlich noch unversehrte Samenzellen oder Ursamenzellen in dem eingepflanzten Gewebsstück vorhanden sind, nach ihrem Untergang läßt sich keine inkretorische Tätigkeit mehr beweisen, und diese Tatsache zeigt wieder deutlich genug, daß die Keimzellen selbst das geschlechtsspezifische Hormon absondern.

Im Gegensatz dazu lassen sich die Ovarien leicht zur vollen Anheilung bringen, nach einer anfänglichen Rückbildung der größeren Follikel beginnen in dem Transplantat die Primordialfollikel zu wachsen, sie können bis zur völligen Reife gelangen, ja bei Übertragung in die Bauchhöhle sogar platzen und zur Trächtigkeit führen. Ein Einfluß auf den Gesamtorganismus läßt sich dabei stets so lange feststellen, als im Transplantat wachsende Follikel vorhanden sind. Also auch hier ist die Wirkung von der Anwesenheit der Keimzellen selbst abhängig.

Steinach ist es nun geglückt, durch die gleichzeitige Übertragung zweier verschieden geschlechtlicher Keimdrüsen in ein vorher verschnittenes Tier einen künstlichen Zwitter zu erzeugen, bei dem bald mehr die männlichen, bald mehr die weiblichen sekundären Geschlechtsmerkmale zur Ausbildung kommen. Es macht sich also hier die Wirkung der inkretorischen Tätigkeit beider Keimdrüsen geltend, aber auch nur so lange, wie sich in ihnen Keimzellen nachweisen lassen.

Aus diesen Versuchen konnte der Schluß gezogen werden, daß der Hermaphroditismus und auch die Homosexualität durch eine außergewöhnliche inkretorische Tätigkeit der Keimdrüsen bedingt ist. Tatsächlich gelang es auch, durch Entfernung der Hoden bei homosexuellen Männern und Einpflanzung der Hoden von normalempfindenden Individuen den krankhaften Trieb zu unterdrücken, die heterosexuelle Neigung aber zu wecken.

Die Untersuchung der Hoden homosexueller Männer ergab nun nach *Steinach* stets eine mehr oder weniger starke Rückbildung der Samenzellen, wohingegen sich unter den Zwischenzellen große Gebilde fanden, die stark an weibliche Zwischenzellen erinnerten. *Steinach* glaubt nun schließen zu dürfen, daß die Homosexualität durch eine „zwitterige Pubertätsdrüse" bedingt sei. Dieser Schluß ist aber falsch, und zwar hauptsächlich deshalb, weil die nämlichen großen Zwischenzellen, die *Steinach* für weibliche Pubertätsdrüsenzellen hält, sich in allen Hoden normalempfindender Männer in mehr oder weniger großer Zahl nachweisen lassen. Schon *Kölliker*, der Entdecker der Zwischenzellen beim Menschen, beschreibt sie.

Außerdem haben aber auch zahlreiche Untersuchungen, die von erfahrenen Histologen ausgeführt wurden, ich erwähne besonders *v. Hansemann* und *Benda*, gezeigt, daß sich der Hoden homosexueller Männer hinsichtlich des Baues seiner Zwischenzellen in keiner Weise von dem normal empfindender Menschen unterscheidet. Ja selbst bei Scheinzwittern, bei denen trotz der Anwesenheit einer eingeschlechtlichen Keimdrüse am Körper entgegengesetzte geschlechtliche Merkmale zur vollen Ausbildung kommen, lassen sich in den Keimdrüsen, worauf besonders *Schminke*

und *Romeis* hingewiesen haben, keine Besonderheiten an den Zwischenzellen feststellen.

Die Homosexualität beruht also nicht auf einer außergewöhnlichen Bildung der Zwischenzellen. Nach den bis heute vorliegenden Ergebnissen der Forschung läßt sich nur sagen, daß sie wahrscheinlich durch eine krankhafte Inkretion der Keimdrüsen bedingt ist, deren morphologischer Nachweis noch nicht möglich war.

Als Beweis für die inkretorische Tätigkeit der Zwischenzellen hat *Steinach* schließlich noch die Ergebnisse seiner Verjüngungsversuche angeführt. Im Alter erlischt bekanntlich die Tätigkeit der Keimdrüsen, im Eierstock reifen keine neuen Follikel heran, er entartet bindegewebig, im Hoden bilden sich die Samenzellen zurück, die Zwischenzellen erfahren vielfach eine leichte Vermehrung. Mit dieser Erscheinung will ja *Tandler* die vorübergehende Steigerung des Geschlechtstriebes erklären, die bei Greisen manchmal zu beobachten ist. Hand in Hand mit der Rückbildung der Keimdrüsen gehen entsprechende Veränderungen am Körper.

Schon *Harms* hat nun im Jahre 1914 gezeigt, daß sich bei alternden Tieren durch Kastration und nachfolgende Implantation der Keimdrüsen eines jungen Individuum die Erscheinungen des Senium aufhalten lassen, seine Versuche wurden von *Steinach* wiederholt und ausgebaut.

Bei alternden Rattenmännchen lassen sich die Alterserscheinungen nun dadurch aufhalten, daß die ein- oder doppelseitige Unterbindung des Vas deferens ausgeführt wird. Im Anschluß daran kommt es zunächst zu einer leichten Rückbildung der Samenzellen, die wie immer mit einer Vermehrung der Zwischenzellen einhergeht, schon nach ganz kurzer Zeit werden aber die Samenzellen zu neuer Tätigkeit angeregt, sie vermehren sich wie in jugendlichem Alter und es kommt schließlich zur Bildung reichlicher reifer Samenfäden. Hand in Hand mit dieser erneuten Vermehrung der Keimzellen gehen dann die entsprechenden Veränderungen am Körper. Auch hier fällt also das Wiedererwachen des Geschlechtstriebes, die erneute Ausbildung der schon der Atrophie verfallenen Zeugungsorgane mit einer starken Vermehrung der Samenzellen zusammen, und auch diese Tatsache läßt sich als Beweis für die inkretorische Tätigkeit der Keimzellen anführen.

In gleicher Weise soll sich eine Verjüngung durch die Implantation jugendlicher Keimdrüsen in die alternden Tiere erzielen lassen; durch diesen Eingriff wird auch die Tätigkeit der dem betreffenden Tier eigenen Keimdrüsen wieder geweckt. Auch durch schwache Röntgenisation der Ovarien soll eine ähnliche Wirkung erzielt werden.

Es erübrigt sich, hier genauer auf die Ergebnisse dieser Verjüngungsversuche einzugehen, sie werden ja in der letzten Zeit, besonders in Laienkreisen, vielfach angepriesen. Ich beschränke mich daher auf die obigen kurzen Angaben, die zur Klärung der Frage nach der Lokalisation der Keimdrüseninkretion dienen können.

Alles in allem läßt sich also sagen, daß alle genauen histologischen Untersuchungen, die bei irgendwelchen physiologischen und pathologischen Veränderungen der Keimdrüsen und im Anschluß an die zahlreichen Versuche ausgeführt wurden, stets nur zu dem einen Ergebnis geführt haben. Ein Beweis für die inkretorische Tätigkeit der Zwischenzellen kann niemals erbracht werden, denn noch nie ist es gelungen, sie von den Keimzellen zu trennen und dadurch ihre alleinige Wirkung zu zeigen. Dagegen sprechen alle Befunde übereinstimmend dafür, daß von den Keimzellen selbst das geschlechtsspezifische Inkret abgesondert wird, das die Ausbildung der sekundären Geschlechtsmerkmale bewirkt.

Den Zwischenzellen kommt dagegen im Hoden sowohl als im Eierstock nur eine untergeordnete Bedeutung zu, sie speichern in sich große Massen von Nährstoffen, die dann während der starken Vermehrung oder des raschen Wachstums an die Keimzellen abgegeben werden. Von Bedeutung ist die Tätigkeit der Zwischenzellen vor allem dann, wenn irgendwelche Schädigungen auf die Keimdrüsen einwirken, die zur Rückbildung der Keimzellen führen. Nur dann tritt eine Vermehrung der Zwischenzellen ein, sie sammeln in sich eine große Masse von Nährstoffen an, die später bei der Regeneration zum Aufbau der Keimzellen verwendet werden. Ob dabei in den Zwischenzellen des Ovar, wie dies *Bucura* annimmt, auch spezifisches Inkret gespeichert werden kann, läßt sich noch nicht entscheiden, wiewohl ein solcher Vorgang nicht wahrscheinlich erscheint.

Die Zwischenzellen bilden in ihrer Gesamtheit also das trophische Hilfsorgan der Keimdrüsen, sie liefern die Nährstoffe für die Keimzellen, sondern aber kein geschlechtsspezifisches, die Gestaltung des Körpers beeinflussendes Inkret ab. Es ist deshalb falsch, die Gesamtmasse der Zwischenzellen als „Pubertätsdrüse“ im Sinne *Steinachs* zu bezeichnen.

Neuere Ergebnisse auf dem Gebiete der Gerbstoff-Forschung.

Von Karl Freudenberg, München[1]).

Die umfangreichen Gerbstoffuntersuchungen, denen sich *Emil Fischer* in dem letzten Jahrzehnt seines Lebens gewidmet hat, schlossen mit dem Ergebnis, daß es ihm gelang, die Konstitution des in der Färberei, Pharmazie und che-

[1]) Nach einem vor der chem. Abteilung der 86. Naturforscherversammlung am 22. September 1920 gehaltenen Vortrage. Die Literaturbelege zu den folgenden Ausführungen finden sich in meiner Schrift: Die Chemie der natürlichen Gerbstoffe, Berlin 1920, bei Julius Springer.

mischen Großtechnik vielverwendeten Gerbstoffs der ostasiatischen Sumachgallen, des von ihm so bezeichneten chinesischen Tannins, in den Grundzügen aufzuklären. Es ist bekannt, daß die Bedeutung seiner Arbeiten neben dem substanziellen Erfolge in der Methodik zu suchen ist: denn er hat, wie in ähnlichen Fällen, auch hier nach kurzer analytischer Einfühlung durch eine mit beispielloser Energie aufgebaute Synthese den Weg in das vorher ungangbare Gebiet dieser amorphen Naturstoffe erzwungen.

Emil Fischers synthetisches Werk bildet den Stützpunkt für die nunmehr auf neue nötigen analytischen Unternehmungen ins Gerbstoffgebiet. Schon die ersten Schritte lehren, daß der Komplikationen mehr sind als zuerst erwartet.

Eine in Gemeinschaft mit Herrn *Peters* ausgeführte Untersuchung ergab, daß dem von *Grüttner* entdeckten Hamameli-Tannin, einem kristallinischen Gerbstoffe vom Tannintyp, der anfänglich eine mit 2 Gallussäureresten veresterte Hexose, also eine Digalloylhexose zu sein schien, ein neuartiger Zucker zugrunde liegt, der zwar den Aldohexosen nahesteht, aber dennoch offensichtlich von ihnen unterschieden ist. Zur Freilegung dieses Zuckers wurde ein Abbauverfahren mit Tannase ausgearbeitet. Dieses Ferment, eine Esterase, läßt sich nach älteren Beobachtungen aus Schimmelpilzen bereiten, die auf Tannin gewachsen sind.

Ein verwandter Gerbstoff, die kristallisierte Chebulinsäure aus Myrobalanen, konnte eine Zeitlang für eine Trigalloylglukose gehalten werden. Hier zeigte sich aber, daß außer Gallussäure und Glukose eine dritte Komponente vorhanden ist, eine Säure, von der ich in Gemeinschaft mit Herrn *Fick*[1]) bisher nur das Thallium- und Brucinsalz in kristallisierter Form gewinnen konnte. Die Säure besitzt die ungefähre Formel $C_{14}H_{14}O_{11}$, ist zweibasisch und enthält neben aliphatischen Hydroxylen einen Pyrogallolkern, der bei der trockenen Destillation zutage tritt. Diese Spaltsäure wird von der Chebulinsäure schon beim Erhitzen in wäßriger Lösung abgegeben; der Rest des Moleküls ist eine mit 2 Gallussäuren veresterte Glukose, also eine Digalloylglukose, ein vorzüglich kristallisierender Gerbstoff. Sein Studium haben wir uns angelegen sein lassen, denn zum ersten Male liegt hier ein kristallisierter Gerbstoff vor, dessen Konstitution bis auf einige Einzelheiten der Isomerie bekannt ist. Wir haben an ihm den Abbau mit Tannase nach der quantitativen Seite hin studieren können und von solcher Präzision gefunden, daß nunmehr die Tannase, dieses radikale hydrolysierende Ferment, als erstes analytisches Werkzeug dieses Teils der Gerbstoffchemie anzusehen ist. Mit ihrer Hilfe gelang es, den gerbstoffartigen Bestandteil der Kaffeebohnen, die kristallisierte Chlorogensäure, in Kaffeesäure und Chinasäure zu zerlegen und so als ein Depsid (Esteranhydrid) dieser beiden Säuren aufzuklären.

Wir erblicken in diesen Versuchen die Vorarbeit für eine erneute analytische Bearbeitung der Galläpfeltannine selbst. Eine Revision der Tanninchemie ist an der Zeit. Das experimentelle Tatsachenmaterial früherer Jahrzehnte ist an Präparaten verschiedenster Herkunft erarbeitet worden und zum Teil nach Verfahren, die überholt sind. Wenn schon die geschilderten niedermolekularen Gerbstoffe Überraschungen brachten, wie vielfältig sind dann gar die Möglichkeiten an den hochmolekularen Galläpfeltanninen selbst!

Emil Fischers Aufstellung eines Tanninschemas als vielfältiger Gallussäureester der Zuckerhydroxyle hat noch viel weitere Auswirkungen. Nachdem hierdurch die Bindungsart des größten Teils der in der Natur vorkommenden Gallussäure gedeutet war, ließ sich ein Vergleich ziehen mit den ebenfalls ungemein verbreiteten Phloroglucingerbstoffen. Ihr Kennzeichen ist aber im Gegensatz zu den geschilderten, als Estergerbstoffe zu bezeichnenden Naturkörpern, ein zusammenhängendes, dem fermentativen Abbau unzugängliches Kohlenstoffskelett. Diese amorphen Gerbstoffe und Gerbstoffrote haben einerseits mit den natürlichen Flavonfarbstoffen und Anthocyanidinen (Formeln weiter unten), andererseits mit den kristallisierten, gerbstoffartigen Catechinen so nahe Beziehungen, daß ich den Eindruck gewann, es müßten auch die Beziehungen zwischen den genannten Farbstoffen und dem Catechin engere sein als bisher angenommen wurde. Durch die Synthese eines Umwandlungsproduktes des methylierten Catechins konnte der Nachweis erbracht werden[1]), daß dem Catechin tatsächlich dasselbe Kohlenstoffgerüst zugrunde liegt wie den natürlichen Flavonolen, Flavonen, Anthocyanidinen und Chalkonen. Alle diese Naturstoffe unterscheiden sich letzten Endes lediglich durch die Oxydationsstufe der 3 die Benzolkerne verbindenden Kohlenstoffatome; die Folge in der Reihe der nächsten Verwandten des Catechins (Brenzcatechinreihe) lautet, mit der höchsten Oxydationsstufe beginnend: Quercetin[2]), Luteolin[3]), Cyanidin[4]), Eriodictyol[5]), Catechin.

Die bisherige, von *Kostanecki* befürwortete Catechinformel muß also zugunsten einer solchen aufgegeben werden, die das Catechin als ein Reduktionsprodukt des Quercetins und Cyanidins erscheinen läßt:

[1]) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. *53*, Oktoberheft (1920).

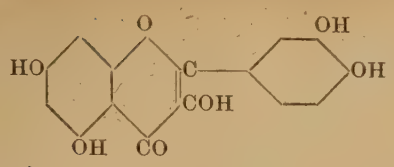
[1]) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. *53*, 1416 (1920).

[2]) Sehr verbreiteter gelber Farbstoff (z. B. Färbereiche, Zwiebelschalen).

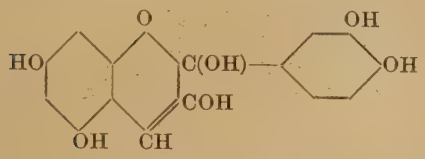
[3]) Gelber Farbstoff der Reseda und des Färberginsters.

[4]) Roter und blauer Farbstoff vieler Blüten, Blätter und Beeren (z. B. Rose, Kornblume, Preißelbeere).

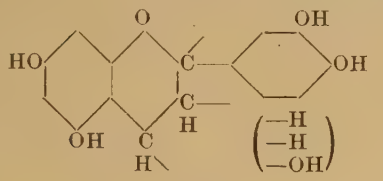
[5]) Vereinzelt aufgefundener gelber Farbstoff.



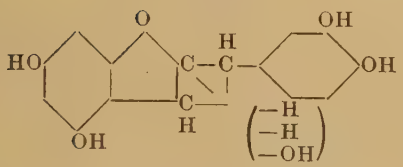
Quercetin. (Aus der Gruppe der Flavonole.)



Cyanidin. (Aus der Gruppe der Anthocyanidine.)



oder



Catechin.

Solcher Catechine gibt es viele. Sie sind wohl stets die Stammsubstanzen der amorphen Phloroglucingerbstoffe, in die sie sich überaus leicht durch Oxydation und Kondensation verwandeln. Betrachtet man nunmehr die Catechine, Phloroglucingerbstoffe und ihre letzten Kondensationsprodukte, die Gerbstoffrote, als eine einzige Körperklasse, so gewahrt man analoge Variationen in der Kombination des Phloroglucins mit Brenzcatechin, Pyrogallol und anderen Phenolen, wie bei den Flavonen und Anthocyanidinen.

Die Catechu- und Kinogerbstoffe fallen in diese Kategorie. Auch den Quebrachogerbstoff rechne ich dazu. Wenn die — allerdings höchst unsicheren — Literaturangaben nicht trügen, enthält der Eichenrindengerbstoff gleichfalls einen Bestandteil dieser Art. In Gemeinschaft mit Herrn *Vollbrecht*[1]) unternahm ich es daher, nach dem vermuteten Eichencatechin zu suchen. Natürlich ist die bei Wind und Wetter geschälte und getrocknete Eichenrinde kein verwendbares Ausgangsmaterial für die chemische Untersuchung des höchst empfindlichen Gerbstoffs, der schon durch die Fermente der absterbenden Zelle verändert wird. Wir wählten deshalb frische Blätter und verarbeiteten sie unter Abtötung der Fermente unmittelbar nach der Ernte. Aber zu unserer Verwunderung konnten wir bisher nicht die Spur eines phloroglucinhaltigen Gerbstoffs in den Blättern nachweisen. Auch Gallussäure und Quercetin sind, sowohl frei wie gebunden, nur in Spuren anzutreffen, dagegen ziemlich viel freie und an Zucker gebundene Ellagsäure, die sich in der Pflanze durch Oxydation von 2 Molekülen Gallussäure bildet. Durch wiederholte, nachhaltige Behandlung mit Tannase gelingt es, alle diese genannten Komponenten oder Beimengungen abzutrennen und den Hauptbestandteil des Eichenblättergerbstoffes als einen durch Tannase nicht weiter zerlegbaren amorphen, wasserlöslichen Gerbstoff herauszuarbeiten, von dem wir vorerst nur soviel sagen können, daß er den bisher bekannten Gerbstoffkategorien nicht angehört. Die Blättergerbstoffe oder einheimischen Eichen Quercus pedunculata und sessiliflora sind miteinander identisch oder doch sehr ähnlich; und auch die Blattgallen der letzteren Eiche scheinen dieselbe Gerbstoffart zu enthalten. Der Rindengerbstoff dieser beiden Eichen dürfte sich im *unveränderten* Zustande kaum davon unterscheiden. Durchaus anderer Art ist aber der Gerbstoff aus Quercus infectoria, das aus den Aleppogallen bereitete, sogenannte türkische Tannin, dessen Hauptbestandteil aus einer Poly-galloyl-Glukose, also einem Estergerbstoffe, besteht. Auffällig ist, daß der Holzgerbstoff der Edelkastanie dem Gerbstoffgemische des Eichenlaubs täuschend ähnlich ist, wie Untersuchungen mit Herrn *Walpuski* gezeigt haben[1]).

Wir sind unter den Beimengungen der letztgenannten Gerbstoffe den weitverbreiteten Ellagengerbstoffen begegnet, zu denen man alle Gerbstoffe mit gebundener Ellagsäure rechnet. Zumeist nimmt man an, daß Zucker die zweite Komponente dieser Gerbstoffe ist, und tatsächlich ließ sich stets Glukose feststellen, während gleichzeitig Ellagsäure ausfiel. In der Annahme, daß β-Glukoside vorlägen, suchten wir mit Emulsin zu spalten, mußten aber wegen der gänzlichen Wirkungslosigkeit dieses Ferments zur Tannase zurückkehren. Es ist demnach mit der Möglichkeit zu rechnen, daß die Ellagsäure auch anders als glukosidisch mit der Glukose verbunden ist, und es liegt nahe, an eine Veresterung der in der Ellagsäure verborgenen Carboxyle mit den Zuckerhydroxylen zu denken.

Somit heben sich 4 verschiedene Gerbstoffgruppen aus der Fülle des von der Natur dargebotenen Materials hervor: Estergerbstoffe, Catechine nebst ihren Gerbstoffen, Gerbstoffe der einheimischen Eiche und Ellagengerbstoffe. Wir können jetzt die Frage aufwerfen, welche chemischen Merkmale für die Gerbstoffe kennzeichnend sind. Der Gerbstoffbegriff, in dem uralten Gerbereigewerbe geprägt, ist ähnlich zu bewerten wie der Name Süßstoff für alle süßschmeckenden Substanzen. Als Süßstoffe lassen sich die verschiedenartigsten Verbindungen, wie Zucker, mehrwertige Alkohole, Phloroglucin, Gallussäure, Glykokoll und andere zusammenfassen. Die natür-

[1]) Unveröffentlicht.

[1]) Unveröffentlicht.

lichen Gerbstoffe sind untereinander nicht weniger verschieden als die genannten Süßstoffe; denn zu den Gerbstoffen gehören beispielsweise die Gallussäureester der Zucker und die Reduktionsprodukte der Flavone und Anthocyanidine, die Catechine. Die Ähnlichkeit der Bezeichnung Gerbstoff und Süßstoff läßt sich auffallenderweise in das Gebiet der Kunststoffe und anorganischen Verbindungen verfolgen: Gerbstoffe sind Anthracensulfosäuren, Eisen- und vor allem Chromsalze; Süßstoffe sind Benzolsulfinid, Blei- und Berylliumsalze. Auch der Begriff „Abführmittel" und „Farbstoff" läßt sich dem Gerbstoffbegriff an die Seite stellen.

Die chemische Umgrenzung des Gebietes kann deshalb nur mit groben Strichen angedeutet werden. Die natürlichen Gerbstoffe sind mehrwertige Phenolderivate. Aber nicht alle mehrwertigen Phenole sind Gerbstoffe. Es gehört dazu eine gewisse Häufung von Hydroxylen im Molekül, ferner eine *begrenzte Wasserlöslichkeit des Gerbstoffs in seiner kristallinischen Form.* Tatsächlich zeigt sich, daß die kristallisierenden Gerbstoffe alle in kaltem Wasser schwer, in heißem leichter löslich sind und Kristallwasser binden; wenn sie nicht kristallisieren, sind sie leichter in Wasser löslich, aber es unterliegt keinem Zweifel, daß auch die amorphen Gerbstoffe schwer löslich wären, sobald sie zur Kristallisation gebracht werden könnten. Hierfür finden sich unter *Emil Fischers* synthetischem Material ausgezeichnete Belege.

Digalloylglykol kristallisiert und ist schwer löslich, Trigalloylglycerin ist amorph, ein leicht löslicher Gerbstoff. Tetragalloylerythrit ist wiederum kristallinisch und sehr schwer löslich, dagegen löst sich der Hexagalloylmannit, ein amorpher Gerbstoff, leicht in Wasser. Ohne Frage wären Trigalloylglycerin und Hexagalloylmannit im kristallinischen Zustande gleichfalls sehr schwer löslich.

Die kristallinische, von *Gilson* im Rhabarber entdeckte, von *E. Fischer* und *M. Bergmann* synthetisierte Monogalloylglukose ist zu leicht löslich, um Gerbstoffeigenschaften zu zeigen. Anders die oben erwähnte, neuerdings aus Chebulinsäure isolierte Digalloylglukose, ein in kaltem Wasser sehr schwer löslicher kristallinischer Gerbstoff. Durch die Abgabe des Kristallwassers verliert dieser Gerbstoff den kristallinischen Habitus und löst sich dann spielend in Wasser, um alsbald zu kristallisieren. Die von *Fischer* und *Bergmann* synthetisierte Trigalloylglukose ist ein amorpher, wasserlöslicher Gerbstoff; er wäre ebenso wie die gallussäurereicheren Glukosederivate vom Tannintyp in Wasser noch schwerer löslich als die Digalloylglukose, sobald es gelänge, ihn in den kristallisierten Zustand überzuführen.

Demnach lassen sich die Gerbstoffe als mehrwertige Phenolderivate beschreiben, die in ihrem häufig nicht realisierbaren kristallinischen Zustande eine begrenzte Löslichkeit in Wasser aufweisen. Außer diesen physikalischen Eigenschaften wirken noch konstitutive Momente am Zustandekommen der Gerbstoffeigenschaften mit, aber erst an zweiter Stelle.

Durch diese Feststellungen rücken verschiedene Eigentümlichkeiten der Gerbstoffe in ein helleres Licht. So gut wie zahlreiche einfache Phenole Alkaloidsalze begrenzter Löslichkeit bilden, tun dies auch die Gerbstoffe; und da diese sehr schwer löslich sind, erweisen sich ihre Alkaloidsalze als meistens unlösliche Niederschläge. Hierhin gehört auch die Niederschlagsbildung mit Proteinen und leimgebendem Gewebe; je nach der Löslichkeit des Gerbstoffes in seiner kristallinischen Form werden alle Abstufungen von der leichtlöslichen Leimfällung bis zum unlöslichen Niederschlag beobachtet.

Alle Mittel, die den übersättigten Lösungszustand der amorphen Gerbstoffe aufheben und den Zusammenhang des Kolloids mit dem Kristallwasser stören, veranlassen den Gerbstoff, sich in seiner eigentlichen, d. h. unlöslichen Form zu zeigen: er wird niedergeschlagen. Diese Wirkung üben Mineralsäuren und -salze, ferner Adsorptionsmittel verschiedener Art aus.

Das ist in großen Zügen alles, was heute zur chemischen Kennzeichnung der Gerbstoffe gesagt werden kann. Erschwert wird die Anschauung dadurch, daß den natürlichen Gerbstoffen meistens hochmolekulare Zersetzungsprodukte beigemengt sind, die aus ihnen durch Oxydation und Kondensation in der Pflanze oder bei der Gewinnung des Gerbstoffs entstehen und alle Stufen bis zur gänzlich unlöslichen, huminähnlichen Materie durchlaufen. Diese Beimengungen, zu denen auch die Gerbstoffrote oder Phlobaphene gehören, werden von den wasserlöslichen Gerbstoffen zum Teil peptisiert, sind schwer von ihnen zu trennen und bieten, einmal isoliert, häufig das Bild irresolubler Kolloide. Wenn sich auch die Technik gerade mit ihnen als wesentlichen Bestandteilen der Gerbemittel eingehend zu beschäftigen hat, müssen sie doch bei der chemischen Betrachtung als sekundär aus den Gerbstoffen, Zuckern usw. entstandene Umwandlungsprodukte vorerst zurückgestellt werden. Auch hierin muß also unser chemischer Gerbstoffbegriff von dem technischen abweichen.

Mit dem botanischen deckt er sich weit besser. Die botanische Betrachtung schließt wie die chemische alle Stoffe aus, die bei der Gewinnung und Lagerung der Gerbematerialien eine nachträgliche Änderung erfahren haben. Ebensowenig wie der Chemiker vermag der Botaniker die Gerbstoffe von den einfachen Phenolderivaten abzugrenzen.

Die Zahl der geschilderten 4 verschiedenen Gerbstoffgruppen wird sich gewiß noch weiter vermehren. Die alte Einteilung in eisenbläuende und eisengrünende Gerbstoffe muß aufgegeben werden, denn die bläuenden Tannine und die grünende Chlorogensäure gehören zusammen in die

Esterklasse, das grünende Catechin und das bläuende, den Kern des Pyrogallols enthaltende Pistaciarot zu den Catechingerbstoffen. Ebensowenig läßt sich eine Trennung in Gallusgerbstoffe und rotbildende Gerbstoffe aufrechterhalten, und zwar schon deshalb nicht, weil der Begriff „Gerbstoffrot" chemisch überhaupt nicht zu umschreiben ist. Völlig unzulänglich ist die Einteilung in physiologische und pathologische Gerbstoffe, die schon vor mehr als 50 Jahren widerlegt wurde, aber trotzdem, z. B. in England, heute noch manchmal gebraucht wird[1]).

Man wird nicht behaupten können, daß sich durch diese Feststellungen das Gerbstoffproblem für den Pflanzenphysiologen gerade vereinfacht hat. Die meisten Gerbstoffe sind so, wie sie in der Pflanze vorkommen, Gemische aus den verschiedenen Gerbstoffgruppen. Naturstoffe, wie z. B. das chinesische Tannin und der Quebrachogerbstoff, liegen chemisch und physiologisch ähnlich weit auseinander wie etwa die Süßstoffe Glycerin und Phloroglucin; ihre Zusammenfassung in der Klasse der Gerbstoffe mutet durchaus willkürlich an, und sie sind nach Entstehung, Verhalten und Konstitution völlig getrennt zu studieren. Den Gallussäureestern sind genetisch nahe verwandt die sie fast stets begleitenden, sehr verbreiteten Ellagengerbstoffe. Dem Studium der Entstehung und Bedeutung dieser Gerbstoffe wird die Erforschung der Gallussäurebildung vorangehen müssen, während die physiologische Rolle der Catechine und Catechingerbstoffe im engsten Zusammenhange mit den Pflanzenfarbstoffen zu untersuchen ist.

Besprechungen.

Ulbricht, Richard, Das Kugelphotometer. München, R. Oldenbourg, 1920. VII, 110 S., 31 Abbild. und 3 Tafeln. Preis geh. M. 24,—; geb. M. 28,— + T.

Ein Buch über das „Kugelphotometer", jenen in seiner genialen Einfachheit bewundernswerten Lichtstromintegrator von der Hand seines Erfinders Dr.-Ing. *Ulbricht*, wird sicher in allen an der Technik der Lichtmessung interessierten Kreisen lebhaftes Interesse erwecken, besonders da in neuerer Zeit die Bestimmung der mittleren räumlichen Intensität von Lichtquellen größere Bedeutung erlangt hat. Wenn nun auch das vorliegende Werk grundsätzlich Neues kaum bietet, so wird man es doch freudig begrüßen, daß einmal alles das, was bisher in der Literatur über das Kugelphotometer berichtet wurde, von berufener Seite übersichtlich zusammengestellt und unsere Kenntnis von den inneren Vorgängen in der Kugel durch wertvolle Ergänzungen vertieft worden ist. Mit großem Fleiß hat der Verfasser die Theorie seiner Kugel bis in alle Einzelheiten erschöpfend behandelt, ja er geht darin zuweilen vielleicht etwas weiter als es dem Praktiker nötig erscheint, dem es meist genügt, zu wissen, daß der Meßfehler unter gewissen Voraussetzungen einen bestimmten Wert nicht überschreitet. Er wird sich in der Regel nicht die Zeit nehmen wollen, auf Grund der vielen komplizierten Formeln den Einfluß aller in Betracht kommenden Fehlerquellen zahlenmäßig nachzurechnen; für ihn würde das Buch bedeutend an Wert gewinnen, wenn die mathematischen Entwicklungen häufiger durch praktische Beispiele und graphische Darstellungen der Ergebnisse ergänzt und erläutert würden. Demjenigen aber, der sich rein wissenschaftlich für die Frage interessiert, wird das Studium des Buches mit seiner eleganten mathematischen Behandlung aller Probleme große Freude bereiten.

Vorbildlich ist die übersichtliche Gliederung des Stoffes in 10 Kapitel, von denen als besonders wichtig diejenigen über die Wirkung von Fremdkörpern in der Kugel, den Blendeneinfluß, das Meßfenster und den Anstrich hervorzuheben sind. Der Abschnitt über die halbräumliche Messung und den Lichtschwerpunkt hätte dagegen wohl etwas kürzer behandelt werden können, da die elektrischen Bogenlampen, für die fast allein die hemisphärische Lichtmessung in Betracht kommt, jetzt nur noch eine untergeordnete Rolle spielen. Eine um so größere Bedeutung haben die Kugelphotometer für die Reihenmessung elektrischer Glühlampen erlangt, die im letzten Kapitel erwähnt sind.

Alles in allem kann das Buch, dessen vornehme Ausstattung in der jetzigen Zeit besonders anzuerkennen ist, allen denen angelegentlich empfohlen werden, die sich für den Bau und das Wesen der „Ulbrichtschen Kugel" näher interessieren.

R. v. Voß, Berlin-Westend.

Benrath, Alfred, Chemische Grundbegriffe. (Sammlung Göschen Nr. 804.) Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, Walter de Gruyter & Co., 1920. 144 S. Preis M. 2,10 + 100 % Teuerungszuschlag.

Dies Werkchen enthält die Schilderung der geschichtlichen Entwicklung einiger chemischer Begriffe (Element, Atom, Molekel, elektrolytische Dissoziation, chemische Verwandtschaft). Es war augenscheinlich die Absicht des Verfassers, auf diesem Wege die erwähnten Begriffe in ihrem jetzt geltenden Umfang klar herauszuschälen und insbesondere den Anteil der wechselnden Hypothesen an der Begriffsbildung hervorzuheben. Diese Absicht ist aber nur z. T. gelungen; die Darstellung entbehrt vielfach der Klarheit oder bleibt auf halbem Wege stecken. So erfährt man nichts von der tiefgreifenden Umwandlung des Elementenbegriffes durch die Isotopenlehre, der „Atomzerfall" ist unvollständig geschildert, die Darstellung der „Allotropie" entspricht nicht dem Stande unserer Kenntnisse und die Ausführungen über Gleichgewichte, Massenwirkung und Phasenlehre können nur verwirrend wirken. Gut gelungen ist dagegen ein Abschnitt über die chemische Formel. — Wer mit der nötigen Sachkenntnis und Kritik ausgerüstet ist und tiefsinnige philosophische Worte lächelnd beiseite schieben kann, wird auch in den übrigen Teilen manche Anregung und Berichtigung seiner Begriffe finden. *J. Koppel, Berlin-Pankow.*

Geographische Mitteilungen.

Seefahrtsbeobachtungen von der Ostküste Afrikas. Im Jahrgang VI, Heft 25, war in den *„Seefahrtsbeobachtungen zur Geographie des Atlantischen Ozeans"* eine Zusammenstellung besonders typischer Tagebuchausschnitte gegeben worden, die in praktischen Beispielen die großen physikalischen und geographischen auf dem Meere herrschenden Zusammenhänge veran-

[1]) Vgl. Chem. Zentralbl. 1920, *I*, 507.

schaulichen und nachweisen sollte, daß es den einzelnen Seereisenden sehr wohl möglich ist, auch unmittelbar einen Blick in manche der unsern Planeten beherrschenden Gesetze zu tun. Ihr seien jetzt einige Reisebeobachtungen aus dem Indischen Ozean hinzugefügt, die das genannte Ziel in um so höherem Maße erreichen, als sie nicht auf einer Mehrzahl von Reisen, sondern auf einer einzigen gesammelt worden sind (20. August bis 21. September 1911 von Kapstadt nach Suez).

I. *Luftwärme.* Die Reise fiel in den Südwinter. Das Tagesmittel der Luftwärme nahm, mit norddeutschen Sommertagsmitteln (15 °—17 °) beginnend, nordwärts zu und erreichte seinen höchsten Wert im südlichen Roten Meere nördlich Aden, wo am 18. September ein Mittel von 32 °, ein Maximum von 33,4 ° und eine Schwankung von nur 2,6 ° beobachtet wurde. Solche Temperaturen, kontinental in bezug auf Höhe, ozeanisch der Schwankung nach, wie sie auf See hier allein vorkommen, machen sich bei der geringen Luftbewegung physiologisch empfindlich bemerkbar. Sie gaben Veranlassung zu Erkrankungen an der „roter Hund" genannten tropischen Hautkrankheit und machten die Einstellung einheimischer Heizer für die Fahrt im Roten Meere erforderlich.

II. *Luftdruck.*

Rotes Meer	22° n. Br.	758 mm Tagesmittel
„ „	18° „ „	757 „ „
Guardafui	12° „ „	759 „ „
Mosambik	16° s. Br.	766 „ „
Beira	22° „ „	767 „ „
Delagoabucht	25° „ „	775 „ „
Port Elisabeth	33° „ „	765 „ „

Die täglichen Luftdruckmittel spiegeln — wie die Tabelle zeigt — deutlich die Luftdruckgürtel wieder; im Süden wird die ständige Antizyklone durchschnitten, die im Südwinter hohe Werte aufweist. Dann sinkt der Luftdruck beständig, um seinen tiefsten Wert im Saume der großen indischen Zyklone zu erreichen, die in dieser Jahreszeit über Südasien lagert.

III. *Winde.* Ebenso deutlich geben auch die mittleren täglichen Windrichtungen die Anordnung der Windgürtel über dem Indischen Ozean wieder:

Datum	Breite	Mittlere Windrichtung	Windgürtel	Wetter	Wettergürtel
19. 9.	18° n. Br.	↘	—	—	—
18. 9.	14° „ „	↘	—	—	—
16. 9.	12° „ „	↗	Südwest-Monsum	Klar	—
15. 9.	7° „ „	↗		Bewölkung 0	—
14. 9.	2° „ „	↗		—	—
12. 9.	Mombassa	↗		—	—
7. 9.	9° s. Br.	Mallung	Kalmen	8. 9. Regen	Kalmenregen
6. 9.	14° „ „	Stillen	—	—	—
4. 9.	18° „ „	↖	Südost-Passat	Klar	Passatwetter
31. 8.	22° „ „	↑		Bewölkung 0	
30. 8.	26° „ „	↑		Regenschauer	
26. 8.	29° „ „	←	Gürtel der veränderlichen Winde und Stillen	Anhaltender Regen	Winterregen
24. 8.	30° „ „	veränderlich		Regen	
23. 8.	33° „ „	↖		Starker Regen	
22. 8.	34° „ „	→	Westwindgürtel	Feiner Staubregen	

IV. *Wetter.* Dieselbe Tabelle zeigt auch die Aufeinanderfolge der Winterregen, des heiteren Passatwetters, der schwach ausgeprägten Kalmenregen und des Passatwetters im Monsungürtel.

V. *Strömungen.* Beim Beginne der Reise machte sich in 34 ° s. Br. in einer Besteckversetzung von N 79 ° W, 6 Seemeilen, die in diesen Breiten angenähert westlich gerichtete *Agulhasströmung* geltend. Bis 16 ° s. Br. wurde der häufigen Landungen wegen die Besteckversetzung nicht bestimmt. In 14 ° s. Br. zeigte sich in einer Versetzung von S 68 ° O, 2 Seemeilen, die *Mosambikströmung.* Dann folgte von 0 ° bis 12 ° n. Br. der *Südwestmosunstrom* mit einer Stärke bis zu 109 Seemeilen im Etmal. Diese Strömung setzte die stündliche Fahrt des Schiffes, die sonst kaum 12 Seemeilen betrug, auf 13,5 bis 15,9 herauf. Angesichts einer solchen Begünstigung der Schiffahrt durch eine beständige, halbjährlich sich umkehrende Strömung werden die engen Beziehungen zwischen Ostafrika und Arabien und Indien unmittelbar verständlich.

VI. *Wassertemperatur.* Da die Strömungen an der Ostküste Afrikas durchweg warm sind, konnte ein Nachweis der Strömungen durch Temperaturmessungen nicht geführt werden. Kaltes Küstenwasser steigt an einer beschränkten Strecke südl. Kap Guardafui auf und ließ sich durch Messung nachweisen. Das Wasser war mehr als 2 ° kühler als die Luft, während sonst meist, besonders im Süden, das Verhältnis ein umgekehrtes war.

VII. *Organismen. Meerleuchten* ereignete sich nur einmal, südlich vom Kap der guten Hoffnung bei 793,9 mm Luftdruck, 12,5 ° Wasser-, 12,8 ° Luftwärme und Seegang 4. Die südlichsten *fliegenden Fische* zeigten sich in 29 ° 14′ s. Br. *Vögel* waren im Gegensatze zur Westküste nur spärlich zu beobachten. Beim Kap Guardafui wurden Landvögel gesichtet. In der Breite von Natal und dem südlichen Mosambikkanal traten auffallend viel *Wale* auf. In 16 ° 1′ s. Br. 40 ° 23′ ö. L. wurde ein Walfang beobachtet. Das harpunierte Tier tauchte, warf sich hoch aus dem Wasser und stieß eine blutig verfärbte Spritzwassersäule

aus. Die *Korallen* beginnen in der Breite des Hafens Mosambik. Eine günstige Gelegenheit zum Besuche eines Riffes ergab sich bei völlig glatter See an der Halbinsel Ras Kasone bei Tanga. Das Riff, ein Saumriff, umzieht den Rand einer Abrasionsfläche, hinter der sich das Kliff eines gehobenen fossilen Riffes erhebt. Das klare, unbewegte Wasser ließ bei der Annäherung mit dem Boote von See her schon bei einer Tiefe von 6 m jede Einzelheit am Grunde erkennen, der zunächst hellen, mit braunem Algenrasen gesprenkelten Sand zeigte und den verbreiteten leopardenfellartigen Anblick gewährte. Bei etwa 2 m Tiefe begann das Riff, ein Haufwerk mannigfach geformter und gefärbter Korallenstöcke. Es fanden sich alle typischen Gestalten, flache Kelche, Becher, Pilze, mäanderartig gezeichnete, kugelige, baumförmig verzweigte und orgelpfeifenartige Kolonien von blendend weißen, braunen, gelben, blauen und roten Farben. Zwischen den Stöcken dehnen sich gallertige Kolonien von grüner Farbe und Rasen grüner, brauner und violetter Algen aus. Groß ist der Reichtum an Aktinien. Auf den schmalen Streifen weißen Sandes liegen große graue, mit roten Höckern verzierte Seesterne und purpurne Seeigel mit keulenförmigen Stacheln. Die dunkelbraunen, an den Mittelmeerküsten so häufigen Holothurien werden vertreten durch die meterlangen grauen braungezeichneten Schläuche der Synapta. Unter den Schnecken fallen die bekannten 10 cm hohen Cypraeen und die riesigen Steroceras lambis auf. Gelegentlich zeigt sich ein scharlachroter Fisch, um im nächsten Augenblick in den Tangrasen zu verschwinden. Diese ganze Pracht an Farben und Formen, von der hier nur die allerauffälligsten Vertreter genannt sind, erscheint durch keine Welle getrübt, zum Greifen nahe, infolge des schwach grünlichen Farbtons des Wassers aber doch wieder seltsam entrückt. In den seichteren Teilen konnten bei einiger wegen der vielen Spitzen, Stacheln und nesselnden Tiere gebotenen Vorsicht Exemplare zur Bestimmung gesammelt werden, doch setzte das Nähern eines — vielleicht ganz harmlosen — Hais dieser Tätigkeit ein Ende.

Auf der Höhe von Kap Guardafui wurden auffallend viel Büschel treibenden *Tanges* gesichtet, die ihrer Verstreuungsdichte nach an die Sargassogründe der Roßbreiten erinnerten. *B. Sch.*

Das abflußlose Rumpfschollenland im nordöstlichen Deutsch-Ostafrika. *Bericht über eine im Auftrage der Hamburgischen geographischen Gesellschaft in den Jahren 1911—12 ausgeführte Forschungsreise von Dr. Erich Obst, Teil I (Mitt. d. Geogr. Ges. in Hamburg, Bd. XXIX).* Erst nach Freigabe der zweiblättrigen, vom Verfasser und von *Sprigade* und *Moisel* bearbeiteten Karte im Maßstabe 1 : 300 000 vermögen wir den bereits 1915 erschienenen Bericht über die Obstsche Reise richtig zu würdigen. Das Ziel der Expedition war die Untersuchung des großen ostafrikanischen Grabens südlich vom Forschungsgebiete *C. Uhligs* und *F. Jägers* in topographischer, morphologischer, botanischer, zoologischer, ethnographischer und wirtschaftlicher Hinsicht. Das aus kristallinischen Gesteinen aufgebaute zerbrochene abflußlose Gebiet erstreckt sich von Kilimatinde im Süden bis zum Hochlande der Riesenkrater im Norden, vom Ejassisee und der Wemberesteppe im Westen zur Massaisteppe im Osten. Diese erforderte den Besuch zur Regenzeit (November bis April), während der Westteil, in dem das Jägernomadenvolk der Wakindiga aufgesucht werden sollte, am besten in der Trockenzeit (Mai bis Oktober) bereist wurde, wenn die schrumpfenden Wasserstellen die Beweglichkeit der Nomaden einschränken. Der Marsch begann in dem flachen, öden, gras- und dornbuschbewachsenen *Westugogo* (850—900 m) und führte über die beiden letzten Stufen der großen ostafrikanischen Stufenfolge auf eine kahle, felsige, von Felshügeln unterbrochene, von flachen Tälern gefurchte und von periodischen salzigen Seen bedeckte Hochebene hinauf. Mit spärlichen Kandelabereuphorbien und Feigenbäumen und dem Wechsel von Dornbusch, lichten Schirmakazien, Leguminosenbäumen und üppigerem Miombowald zeigt das Land das für das ganze Gebiet charakteristische Durchdringen von Trocken- und Savannenvegetation an. Wohltuend wirkt in dieser Öde der von mächtigen Schirmakazien gesäumte seichte, salzige Balangidasee, der reich an Mollusken ist und riesigen Herden von Gnus, Antilopen, Gazellen, Zebras und Straußen zur Tränke dient. Im Gebiete der Wakindiga trennt ein langgestreckter Horst zwei großartige Grabenlandschaften, den fjordartig steilwandigen, von einem Grasmeer bedeckten, in der Mitte sumpfigen, schirmakaziengesäumten, an Wild und Löwen reichen Hohenlohegraben von dem vom gerade trockenen, salzigen Ejassisee eingenommenen Ejassi-Wembere-Graben, an dessen NO-Ende gewaltige Vulkane das Hochland der Riesenkrater ankündigen. Hier wurden in längerem Aufenthalte die letzten Vertreter der aussterbenden Wakindiga studiert, bis Wassermangel und Dysenterie zum Rückzuge zwangen. Nach mehrfachen Routen im Bereiche des in steilen Stufen abstürzenden festungsartigen Hochlandes von *Jramba* (1500—1800 m) wurde der inmitten ausgedörrten grauen und gelben Landes liegende Ssingadasee besucht, in der Regenzeit eine von Flamingos, Gänsen und Enten belebte Wasserfläche, jetzt eine Salzwüste, in der die Eingeborenen ihren kostbarsten Handelsgegenstand, das Salz, sammelten. Dann wandte sich *Obst* dem Osten seines Forschungsgebietes zu, einem Gebiete leicht verwitternder Gneise, in denen die zahlreichen Flüsse die Fastebene leicht zum welligen Bergland umwandeln konnten. Kahler Fels tritt hier zurück, der anbaufähige Boden ist dichter besiedelt. Im Osten fällt das Hochland mit der steilen, küstenartigen Massaistufe zum Grasmeere der Massaisteppe ab. Nördlich folgt das tiefer zerschnittene, von prächtigem Höhenwald bedeckte und von hamitischer Bevölkerung besiedelte *Uassi* und die Landschaft *Ufiomi* mit dem nebelumwallten Vulkane gleichen Namens (2415 m). Von Ufiomi aus wurde ein Vorstoß in die Massaisteppe unternommen, die hier durch flache Bodenwellen und schnittumkleidete Inselberge ausgezeichnet ist. Die weitere Reise führte angesichts des fernen Kilimandscharo zu dem einer Bruchstufe folgenden Flusse Bubu zum gigantischen zerschluchteten, nebenkraterbedeckten Vulkan Gurui (3400 m) und zu einer zum Bergland zerschnittenen Fastebene, die wohl einst mit dem ungeschnittenen Turuhochlande zusammenhing. Dann wurde auf zwei großen Rundtouren ein engerer Zusammenhang der Routen hergestellt und der in tektonischer Hinsicht viel Neues bietende Südosten des Forschungsgebietes bereist.

Eine systematische Darstellung der in jeder, besonders aber in morphologischer und ethnographischer Hinsicht reichhaltigen Ergebnisse dürfen wir im zweiten Teile des Reisewerkes erwarten.

Der Ob. In *Dr. Pohles* auf eigenen Reisebeobachtungen und der verstreuten, schwer zugänglichen russischen Literatur beruhenden *Beiträgen zur Kenntnis der westsibirischen Tiefebene (Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. Berlin, 1918, Heft 1/2 und 1919, Heft 9/10)* nimmt eine eingehende Beschreibung des noch so wenig bekannten großen Obstromes und seines Gebietes eine hervorragende Stellung ein. Sein Tieflandlauf — ein eigentlicher Mittellauf fehlt — durchschneidet eine nahezu ideale Ebene, die bei Barnaul im Vorlande des großen Hochgebirgsgürtels, 3467 km oberhalb der Mündung, mit 180 m Höhe beginnt. Der Spiegel senkt sich um je einen Meter innerhalb einer 60 km wahrscheinlich nahekommenden Strecke, das *Gefäll* ist also bedeutend geringer als das der unteren Donau. Die *Stromgeschwindigkeit* des Ob wird auf 2 bis 3 Knoten die Stunde angesetzt, die des Irtysch ist geringer (daher hier der mehr gekrümmte, dort der mehr gestreckte Verlauf der Ufer). Die allein im Mündungsabschnitte gemessenen *Tiefen* bewegen sich zwischen 5 und 29 Faden, sind aber meist größer als 10; im Obbusen sind sie geringer. Die *Strombreite* beträgt an der Irtyschmündung 3 km; meist bildet der Strom ein Netz, dessen rasch veränderliche Fasern zahlreiche Inseln umschließen; die *Talbreite* mißt schon am Irtysch 20 bis 60 km. Die *Sohle* wird im obersten Abschnitte durch Stein-, im Endabschnitt durch Geschieberiffe unterbrochen. Die *Ufer* zeigen eine ausgesprochene Scheidung in ein linkes Niederungs- und ein rechtes Bergufer, das rascher Veränderung unterliegt. Die *Farbe* des Obwassers ist durchsichtig, die des Irtysch milchig getrübt. *Stehende Gewässer* kommen in Gestalt tiefer Abdämmungsseen, flacher Auskolkungsbecken und jahreszeitlich schwankender sehr merkwürdiger Hochflutseen (Sor) vor. Der *mittlere Aufgang* des Stromes erfolgt an der Mündung Anfang Juni, der mittlere Zugang Ende Oktober; die mittlere Zahl der eisfreien Tage beträgt dort 146, an der Irtyschmündung 189. *Hochwasser* ereignet sich im Frühjahr im Anschluß an das Aufgehen und im Sommer infolge der Schneeschmelze im Altai und in den schneespeichernden Wäldern des Stromgebietes; jenes wirkt energisch umgestaltend, dieses verläuft, langsam an- und abschwellend, ohne zerstörende Wirkungen. Beide erreichen Mittelwerte von 10—11 Fuß. Der niedrigste Wasserstand im Dezember und Januar ist mit mangelhafter Sauerstoffzufuhr und Trübung des Wassers durch ausgefällte Eisensalze verbunden, welche die Fische zu Wanderungen nach den Stellen mit Luft- oder Frischwasserzufuhr nötigt und zu Raubfischerei Anlaß gibt. Die Vegetation gliedert sich stromabwärts in: hochstämmige Wälder mit Kiefern und Fichten auf sandigem, Tannen und Zirbelkiefern auf tonigem Bergufer, Birken und Espen am Niederungsufer. Die Schwarzpappel erreicht ihre Nordgrenze schon unterhalb Tobolsk (*boreales Waldgebiet, Taiga*). Niedrigstämmige Lärchenwälder mit Birken (*boreal-subarktische Übergangszone*), hohe Erlen- und Weidengebüschdickichte (*subarktische Zone der Tundra*), Zwergbirkentundra, Porsch- (Ledum palustre-) Tundra (*subarktisch-arktische Übergangszone*), niederes und kriechendes Gesträuch (*arktische oder Dryaszone*). Die so ausgebreiteten Moore erwiesen sich als typische Sphagnummoore von der Art der nordeuropäischen, doch ohne Calluna. Waldbrände richten gewaltige Verwüstungen an; die Wiederentwicklung des Hochwaldes beansprucht mehr als 200 Jahre. Von der Tierwelt sind für die Bewohner von höchster Wichtigkeit die *Fische*, Störe, Lachse und Coregonen, die zeitlich und örtlich abgestufte Wanderungen unternehmen. Die *Schiffahrt* begegnet geringen Schwierigkeiten. Die Mündung können mittlere Seedampfer erreichen. Der Strom ist 2500 km störungslos schiffbar. Das Niedrigwasser fällt in die schiffahrtslose Zeit. Nur die rasche Veränderlichkeit des Fahrwassers erheischt die Hilfe ortskundiger Lotsen.

Eine neue Euphratkarte. Die jüngsten deutschen Forschungen in Mesopotamien, über deren einige hier berichtet wurde, erfahren eine Ergänzung durch eine Flußkarte aus dem Gebiete des oberen Euphrat, eine Kriegsarbeit, die den Übergang des Flusses aus dem Faltengebirge des Taurus in das Kalkschollenland Mesopotamiens veranschaulicht (*A. Nöldecke, der Euphrat von Gerger bis Djerebis [Djerablus]*; mit Karte und 8 Abb. Petermanns Mitt. Jan./Febr.-H., 1920). Den Stromlauf bestimmen grabenartige, z. T. von Basaltergüssen erfüllte Senkungsfelder, denen er folgt, horstartige Massive, die er in Schleifen umfließt, kettenförmige in Taurusnähe meist schneebedeckte Höhenzüge, die er in Engen durchbricht und die gelegentlich stromaufwärts Stauung, Zerfaserung und Inselbildung hervorrufen. Abgesehen von der Hochwasserzeit (April-Mai) im Anschluß an Winterregen und Schneeschmelze ist der Strom wegen seiner mit fallendem Wasser sich bemerkbar machenden Nagelfluhriffe und Kiesbänke schwer schiffbar, die bei niedrigem Wasser Stromschnellen bilden, bei Hochwasser aber zur Strudelbildung Veranlassung geben. Die beim Austritte aus dem Taurus noch milchig-blaugrünen Wasser strömen mit einer mittleren Geschwindigkeit von 3,3, einer örtlichen maximalen von 10 Seemeilen und einer 70 bis über 200 m messenden Breite zwischen malerisch gefärbten, steilen, in den Senken weit auseinandertretenden Ufern, denen vielfach Terrassen dreier Uferperioden vorgelagert sind. Die Pflanzenwelt wird gekennzeichnet durch einige schwindende Baumarten, einen auch in höheren Lagen des Taurus vorkommenden Juniperus und die schon fast erloschene Fichte auf der Hochfläche, Steineichen an den Hängen, Tamarisken und die angepflanzte Euphratpappel in der Niederung, durch Feigen-, Nuß-, Pistazien- und Maulbeerhaine, Weinberge, Tabak-, Mais- und Gerstenpflanzungen. Ihre reichste Entfaltung zeigt die sommerdurchglühte Natur unter der Wirkung der regen- und taureichen Zeit am Ende des rauhen Winters in einem prächtigen, besonders durch Zwiebelgewächse ausgezeichneten Blumenflor. Die Tierwelt offenbart sich in zahlreichem Wasserwild, Reihern, Gänsen, Enten und Pelikanen, die auf den tamariskenbewachsenen, in mondhellen Nächten auch Wildschweine beherbergenden Inseln hausen. Unter den Werken der heute kurdischen und jüngst stark gelichteten armenischen, ehemals komagenischen, römischen und hethitischen Bevölkerung fallen verlassene Höhlendörfer in den Steilufern und großartige Ruinen des Altertums und islamischen Mittelalters auf — das verbreitete Bild orientalischen Niederganges, sinnfällig besonders in dem elenden Samsat, des von Ibn Haukal gerühmten Samosata Lucians. Bemerkenswert sind die Reste römischer Bewässerungsanlagen, die geborstenen, weil falsch konstruierten Talsperren kleiner Seitentäler.

B. Brandt.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 47. (Seite 911—926) **19. November 1920.** **Achter Jahrgang.**

U. S. P. JAN 8

INHALT:

Fortschritte der allgemeinen Eiweißchemie. Von *Wolfgang Pauli, Wien.* (Mit 9 Kurvenbildern.) S. 911.

Über Kriegsverletzungen der Gefäße. Von *Gerhardt von Bonin, Heidelberg.* S. 917.

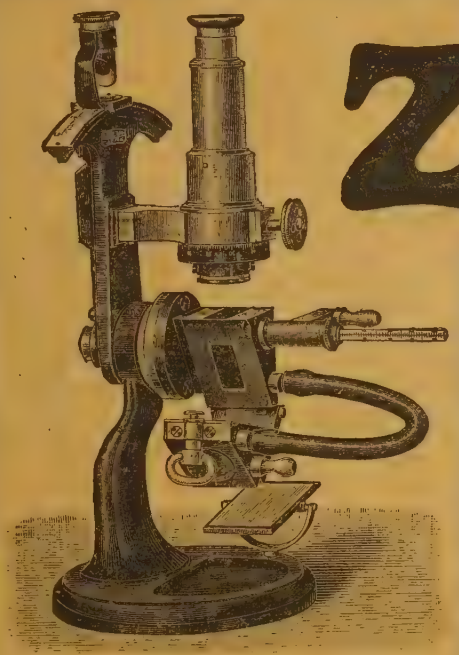
Besprechungen. S. 924—925.

Ritchie, James, The influence of man on animal life in Scotland, a study in faunal evolution. Von *Rich. Goldschmidt, Berlin-Dahlem.*

Schmidt, Harry, Das Weltbild der Relativitätstheorie. Von *Hans Reichenbach, Stuttgart.*

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 925-926

Über das Fett der „Noctiluca miliaris". Sulfitablauge als Düngemittel. Vom Plattensee. Die Entwicklung der Völkerkunde von ihren Anfängen bis in die Neuzeit.



Zeiss
Abbe-Refraktometer
mit heizbaren Prismen
zur chemischen Analyse

ZEISS

Abbe -Refraktometer
Butter -Refraktometer
Eintauch -Refraktometer
Zucker -Refraktometer
Pulfrich -Refraktometer
Kristall -Refraktometer
Differenz -Refraktometer
Milchfett -Refraktometer

BERLIN HAMBURG CARL ZEISS JENA WIEN BUENOS AIRES

Druckschriften kostenlos

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C. Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztewelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes

blutbildendes Eisenpräparat von höchster **Wohlbekömmlichkeit.**

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G.m.b.H. & Cie., CÖLN a. Rh.

Gross-Schmetterlinge der Erde
von Prof. Dr. Ad. Seitz. (225 II)

Die Palaearkten sind vollständig.

Bd.	I Tagfalter kostet	gebunden	144 M.
„	II Spinner u. Schwärm.	„	120 „
„	III Eulen	„	132 „
„	IV Spanner	„	96 „

Zur **Erleichterung der Anschaffung** liefere ich jeden einzelnen Band oder mehrere oder alle Bände gegen 10% ige Monatsraten. Anfragen erbeten an

HERMANN MEUSSER, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75.

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang Berlin
Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche
Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

Die Naturwissenschaften
Jahrgang 1915, 1916 und 1919
zu kaufen gesucht (226)
Angebote erbeten an
H. F. Günther, Charlottenburg
Königin Elisabeth-Straße 50

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Das vegetative Nervensystem

in Gemeinschaft mit

Dr. **Dahl**-Würzburg, Dr. **Glaser**-Hausstein, Dr. **Greving**-Würzburg, Dr. **Renner**-Augsburg und Dr. **Zierl**-Regensburg

dargestellt von

Professor **L. R. Müller**
Vorstand der medizinischen Poliklinik in Würzburg

Mit 168 teils farbigen Abbildungen

Preis M. 48.—; gebunden M. 56.—
(und Sortimentszuschlag)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 19. November 1920. Heft 47.

Fortschritte der allgemeinen Eiweißchemie[1].

Von Wolfgang Pauli, Wien.

I.

Das Interesse für die allgemeine oder physikalische Chemie der Eiweißkörper reicht nicht allzuweit zurück. Es setzte nach bedeutungsvollen Anfängen, denen wir eine nähere Kenntnis der Neutralsalzwirkung (*F. Hofmeister*) lange vor deren sonstiger Würdigung in der physikalischen Chemie verdanken, vor etwas mehr als zwei Jahrzehnten kräftig ein. Den stärksten Antrieb zu Untersuchungen solcher Art bildete zunächst die Hoffnung, auf diesem Wege wichtige allgemeine Probleme der Physiologie und Pathologie ihrer Lösung näher zu bringen. Diese Erwartung ist auch in mancher Richtung in Erfüllung gegangen, z. B. auf dem Gebiete der Totenstarre (1) sowie der Kontraktion (2) des Muskels und überhaupt der Fällungs- und Quellungserscheinungen sowohl bei Einzelligen (3) als auch gesunder und kranker Gewebe (4).

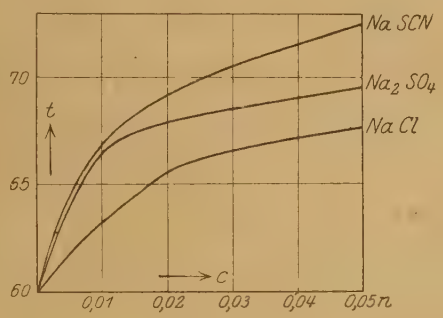


Fig. 1.

Zur Hemmung der Hitzekoagulation von sorgfältig gereinigtem Serumalbumin durch Zusatz von Neutralsalz.
Abszisse: Salzkonzentration in der Flüssigkeit.
Ordinate: Gerinnungstemperatur.

Es schien eine ebenso einfache als lohnende Aufgabe für den Forscher, die Erfahrungen auf dem Gebiete der Kolloidchemie auf die Eiweißkörper zu übertragen. Diesem innigen Verhältnisse ist eine nicht geringe Anzahl von Entdeckungen entsprungen. Die Wanderung von Eiweiß im elektrischen Felde, seine Umladung durch Säuren oder Laugen, seine Reaktionen mit anderen Kolloiden, mit Farbstoffen, mit komplexen Säuren wiesen auf einen tieferen Zusammenhang aller Kolloide hin, und als in der Kolloidchemie die Auffassung der Beziehungen von Kolloiden und Elektrolyten als Adsorptionsverbindungen (*W. Biltz, H. Freundlich, W. Ostwald* u. a.) Eingang fand, da folgte auch bald die Übertragung dieser Lehre auf die Eiweißkörper. Die Aufnahme von Säuren und Basen durch Proteine fand ihre Erklärung als Adsorption und analog wurde die Giftwirkung von manchen Elektrolyten auf Einzellige, die Verbindung des Hämoglobins mit Sauerstoff und dgl. m. als Ausdruck einer Adsorption angesehen. In dieser Hinsicht dürfte ein Beispiel aus eigenen älteren Beobachtungen besonders lehrreich sein, das geradezu zwingend im Sinne einer Adsorptionserscheinung zu sprechen scheint und auch tatsächlich zunächst als eine solche gedeutet wurde. Versuche hatten nämlich gezeigt, daß die Hitzekoagulation von sorgfältig gereinigtem Serumalbumin durch Zusatz von Neutralsalz schon in niederen Konzentrationen gehemmt wird, wobei die in gleichmäßiger Weise bestimmte Gerinnungstemperatur erheblich ansteigt (Fig. 1). Trägt man zur Prüfung auf Gültigkeit der bekannten Adsorptionsisotherme die Logarithmen der Salzkonzentration in der Flüssigkeit als Abszissen und als Maß der vom Eiweiß adsorbierten Salzmenge die Logarith-

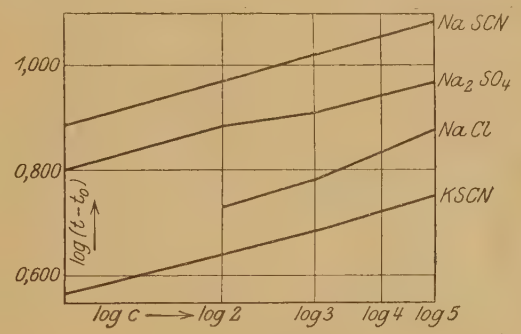


Fig. 2.

Abszisse: Die Logarithmen der Salzkonzentration in der Flüssigkeit.
Ordinate: Die Logarithmen der Steigerung der Gerinnungstemperatur.

Die Entwicklung der allgemeinen Eiweißchemie fällt fast zusammen mit der Entfaltung der gesamten Kolloidchemie und wurde anfangs durch die Anlehnung an diese stark gefördert.

[1] Nach einem Vortrage, gehalten am 15. Dezember 1919.

men der Steigerung der Gerinnungstemperatur als Ordinaten auf, so erhält man in der Tat den für Adsorptionen als charakteristisch angesehenen linearen Verlauf (Fig. 2). Wir werden auf diesen Fall noch zurückkommen.

Mit fortschreitender Erfahrung zeigten sich jedoch immer deutlicher die Sondergesetzlichkeiten und die Abweichungen der allgemeinen Eiweißchemie von den Erscheinungen in der Kolloidchemie. Die Fällbarkeit der Eiweißkörper durch Kationen erfolgte nicht nach steigender Wertigkeit — das einwertige Silberion wirkte ebenso stark wie etwa das dreiwertige Ferri- oder Aluminiumion — die sogenannte isoelektrische Reaktion (*W. B. Hardy, L. Michaelis*) erwies sich als unabhängig von dem kolloiden Charakter des betreffenden Körpers, die Aufnahmsfähigkeit der Proteine für Säuren, Basen und Salze zeigte sich als fest begrenzt usf. So kam es zu einer Lockerung der Verbindung mit der Kolloidchemie und zu einer stärker ausgesprochenen Selbständigkeit der allgemeinen Eiweißchemie, wobei diese immer mehr an die physikalische Chemie einfacher Verbindungen angeschlossen werden konnte.

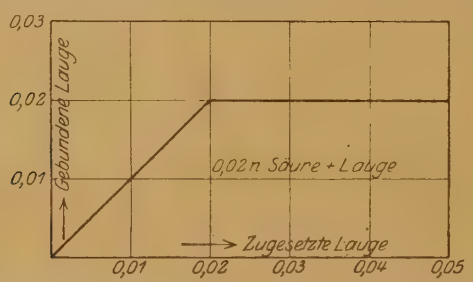


Fig. 3. Verlauf der Bindung einer konstanten Menge Säure bei Zusatz von wachsender Menge Lauge. Ordinate: Die gebundene Lauge. Abszisse: Die zugesetzte Lauge.

II.

Durch das Zusammenwirken physikalisch-chemischer Methoden insbesondere mit der elektrometrischen Ionenmessung sind *die Beziehungen der Eiweißkörper zu Säuren und Basen* in ihren Hauptzügen aufgeklärt worden. Sie bilden mit diesen Salze vom Typus der Ammonium- beziehungsweise Karbonsäureverbindungen, wobei im ersten Falle positive, im zweiten negative Eiweißionen entstehen. — Schematisch kann dies folgendermaßen dargestellt werden:

1. $COOH \cdot R \cdot NH_2 + HCl = [COOH \cdot R \cdot NH_3]+ . C$
2. $NH_2R \cdot COOH + NaOH = [NH_2 \cdot R \cdot COO]- . Na + H_2Ol$

Wir wollen nun diese Salzbildung beim Eiweiß etwas näher ins Auge fassen. Versetzt man etwa eine konstante Menge einer starken Säure mit wachsenden Mengen einer Base, so wird der folgende Bindungsverlauf (Fig. 3) resultieren, wenn als Ordinate die gebundene, als Abszisse die zugesetzte Base aufgetragen wird. Anfangs wird sämtliche zugesetzte Base neutralisiert, nach Absättigung der Säure verläuft die Bindungskurve horizontal. Man kann nun auch am Eiweiß mittels H-Ionen-Messung feststellen, daß die von einer bestimmten Eiweißmenge aufgenommene Säure (oder Lauge) ein charakteristisches nicht überschreitbares Maximum aufweist, das dem Proteingehalt proportional ist. So beträgt die von 1 g reinem Serumalbumin gebundene optimale Menge 1,66 Millimol Salzsäure bzw. 2,4 Millimol Natronlauge. Die Bindungskurve hat stets die in Fig. 4 wiedergegebene Form, welche nur im Anfangsstück mit der Bindung einer starken Base (Fig. 3) zusammenfällt.

Aus der höchsten von 1000 mg Serumalbumin gebundenen Menge von 1,66 Millimol HCl würde sich das Äquivalentgewicht des Serumeiweiß mit 600 berechnen. Würde nur ein Säuremol mit einem Mol Eiweiß in Verbindung treten, dann wäre 600 zugleich das Molekulargewicht des Serumalbumins. Analog würde sich aus dem aufgenommenen Laugenmaximum ein Äquivalentgewicht von 420 berechnen, dessen Verschiedenheit vom Säurewert schon anzeigt, daß nicht in beiden Fällen nur ein Mol Säure oder Lauge mit einem Eiweißmol in Reaktion tritt. In Wirklichkeit ist aus zahlreichen Gründen das Molekulargewicht von Serumeiweiß weit höher anzusetzen. Bei verschiedenen Proteinen können 10—20 Säuremole auf ein Proteinmolekül bei dessen maximaler

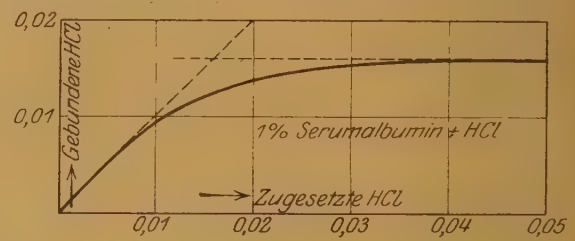
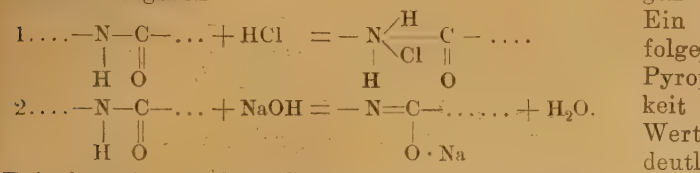


Fig. 4. Verlauf der Bindung einer konstanten Menge Eiweiß bei Zusatz von Salzsäure.

Sättigung entfallen und für Lauge sind in der Regel noch viel mehr Bindungsstellen darin anzunehmen. Für eine solche Zahl derselben reichen jedoch die endständigen Amino- und Carboxylgruppen nicht aus, es müssen noch anderweitige basische und saure Valenzen im Eiweiß verfügbar sein, wie auch die folgende Erfahrung lehrt. Man kann die Eiweißkörper mittels salpetriger Säure unter N-Bildung ihrer endständigen Aminogruppen berauben. Solche *Desamidoproteine* zeigen noch ein beträchtliches Säurebindungsvermögen. Von Desaminoglutin wird beispielsweise mehr als die Hälfte jener Säuremenge aufgenommen, die das Glutin binden kann. Ebenso behält ein nach der Methode von *Herzig* und *Landsteiner* methyliertes Glutin ein beträchtliches Bindungsvermögen für Laugen, trotzdem dessen endständige Carboxylgruppen verestert sind. Hält man unter Berücksichtigung der erforderlichen großen Zahl von Bindungsstellen für Säure oder Lauge an dem Bindungstypus fest, der für die endständigen Amino- und Carboxylgruppen gilt, so kommen für den Eintritt von Säure oder Lauge in das Protein in erster Reihe die Peptidbindungen in Betracht,

welche die Amino- und die Carboxylgruppen zweier anstoßender Aminosäuren anhydridartig verkettet enthalten. Das würde folgendes Reaktionsbild ergeben:



Bei fortschreitendem Säure- oder Laugenzusatz würden also eine Anzahl Säure- oder Laugenmoleküle in das Eiweiß eintreten, das somit gleich einer mehrwertigen Base oder mehrbasischen Säure reagiert. Wie bei einer solchen werden im Protein zunächst die stärksten basischen oder saurenValenzen, dann die schwächeren und zuletzt die schwächsten abgesättigt. Nach Absättigung der stärksten basischen Valenzen werden die nächsten zugefügten Säuremole nicht mehr so festgehalten, also zunehmend hydrolytisch dissoziieren und diese hydrolytische Dissoziation wird erst im Überschusse der Säure (bzw. der Lauge) ganz zurückgedrängt. Darauf beruht die stetige Abrundung der Bindungskurve des Proteins (Fig. 4) bei höherem Säure- oder Laugenzusatz. Diese Erfahrungen lassen sich auch folgendermaßen ausdrücken:

„Das Eiweiß bildet mit wachsender Säure- oder Alkalizugabe Salze mit positiven oder negativen Eiweißionen, deren Wertigkeit mit zunehmender Bindung ansteigt und ein Maximum erreicht, sobald alle seine verfügbaren basischen oder sauren Valenzen abgesättigt sind."

Gegen diese Auffassung hat sich in neuerer Zeit *T. B. Robertson* gewendet, welcher die Säure- und Laugenaufnahme durch Eiweiß nicht als Salzbildung unter Dissoziation freier Säure- oder Metallionen, z. B. Cl bei HCl oder Kaliionen bei KOH, sondern als Zerfall in zwei entgegengesetzte Proteinionen am Orte der Peptidbindung deutet, wobei die Säure- bzw. Metallionen in organische Bindung treten sollen. Diese Anschauung erscheint durch die experimentellen Ergebnisse sowohl der elektrischen Überführung und Leitfähigkeitsbestimmung, als auch insbesondere durch die direkte potentiometrische Ionenmessung widerlegt.

III.

Die Konsequenzen der vorgebrachten Auffassung werden sehr deutlich, wenn wir die Verhältnisse bei der *Proteinionenbeweglichkeit* etwas näher betrachten. Wir können uns dabei auf Untersuchungen stützen, welche *R. Wegscheider* vor 18 Jahren, unter Benutzung der umfangreichen Studien *G. Bredigs* betreffend die Stöchiometrie der Ionenbeweglichkeit, über die Beziehungen von Beweglichkeit und Wertigkeit organischer Anionen gleicher Atomzahl angestellt hat. Diese lehren, daß die Ionenbeweglichkeit mit steigender Atomzahl abnimmt und daß bei gleicher Atomzahl die Beweglichkeit zusammengesetzter Ionen mit der Wertigkeit, also der Anzahl der auf das Ion entfallenden elektrischen Ladungen, ansteigt. Dieser Anstieg sollte, da im gleichen elektrischen Felde die treibende Kraft für Ionen gleicher Atomzahl gemäß der Anzahl ihrer Ladungen wächst, proportional der Wertigkeit erfolgen. Ein Beispiel für dieses Verhalten bieten in der folgenden Tabelle (nach *Abbot* und *Bray*) die Pyrophosphorsäureionen, während die Beweglichkeit der Orthophosphorsäureionen mit steigender Wertigkeit gegen die einfache Proportionalität deutlich zurückbleibt.

H_2PO_4' 26,4	$H_2P_2O_7''$ 41,6
HPO_4'' 53,0	HP_2O_7''' 59,7
PO_4''' 69,0	P_2O_7'''' 81,4

Zieht man die merkliche Abnahme der Atomzahl (um die H-Ionen) mit steigender Wertigkeit in Betracht, dann spricht auch das Beispiel der Pyrophosphorsäure dafür, daß zusammengesetzte Anionen gleicher Atomzahl mit steigender Wertigkeit nicht proportionalen, sondern etwas niedrigeren Anstieg der Beweglichkeit aufweisen. In der Tat fand *Wegscheider* ein solches Verhalten allgemein bei organischen Anionen gleicher Atomzahl. Bei solchen ist das 2-wertige nicht 2mal, sondern im Mittel 1,78mal, das 3wertige Ion nicht 3mal, sondern 2,42mal beweglicher als das entsprechende einwertige Anion.

Beim Eiweiß liegt die Sache so, daß wir jedenfalls einen Anstieg der Beweglichkeit der Proteinionen mit zunehmender Wertigkeit erwarten müssen. Da es sich hier um Ionen mit gewaltiger Atomzahl handelt — dieselbe beträgt schon bei den restlos aufgeklärten einfacheren Protaminen *A. Kossels* um 300 —, so wird die Beweglichkeit derselben selbst bei hoher Wertigkeit eine relativ geringe sein, wobei noch eine gewisse aus Reibung, Quellung und Hemmung der Alkoholfällbarkeit zu erschließende Hydratation mitwirken dürfte. Bei der Aufnahme von Säure durch Eiweiß wird die Atomzahl der Proteinionen entsprechend den eintretenden H-Atomen vermehrt, bei der Bindung von Lauge für jedes Basenäquivalent um ein H-Atom vermindert, doch wird diese Änderung infolge der gewaltigen Atomzahl der Proteine kaum merklich ins Gewicht fallen.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten (s. a. d. folgenden Absatz), die Proteinionenbeweglichkeit zu bestimmen. Für das Säureeiweiß erwies sich der folgende Weg als gangbar. Eine einprozentige Lösung von Serumalbumin darf als $^1/_{1000}$ molarer oder vielleicht noch niedrigerer Konzentration angesehen werden. Bei Zusatz von Salzsäure bis zu 0,02 n erweist sie sich auf Grund der potentiometrischen Bestimmung der Cl-Ionen als frei von Komplexionen und jedenfalls nicht erheblich stufenweise dissoziiert. Es stellt dann bei bekanntem Gehalt an H· und Cl′, c_H und c_{Cl}, die Differenz $c_{Cl}—c_H$ die auf das Proteinchlorid entfallenden Cl-Ionen oder die Normalität der Proteinionen dar. Da nun die Leitfähigkeit $\varkappa$ die Summe der auf die einzelnen Ionengattungen entfallenden Leitfähigkeiten darstellt, so ist

$$\varkappa = c_H \cdot u_H + c_{Cl} \cdot v_{Cl} + (c_{Cl} - c_H) \cdot u_{Protein}.$$

Daraus läßt sich, da die Wanderungsgeschwindigkeiten u_H und v_{Cl} bekannt, λ, c_H und c_{Cl} gemessen sind, die Beweglichkeit $u_{Protein}$ berechnen. Wir haben dies mit *Sven Odén* durchgeführt, und die folgende Fig. 5 zeigt den Anstieg der Proteinionenbeweglichkeit mit steigender Proteinnormalität bis zu einem Maximum. Das höchstwertige positive Proteinion hätte also bei Serumalbumin ein $u = 32$ reziproke Ohm. Versuche mit *J. Matula* zur Bestimmung der Proteinionenbeweglichkeit mittels aus Eiweißsalzen aufgebauten Ketten ergaben die gleiche Größenordnung für u. Die Bindung an das Eiweiß folgt bei verschieden starken Säuren oder Laugen der Reihenfolge ihrer Stärke, doch sind bei den Säuren zum Unterschiede von den Basen die

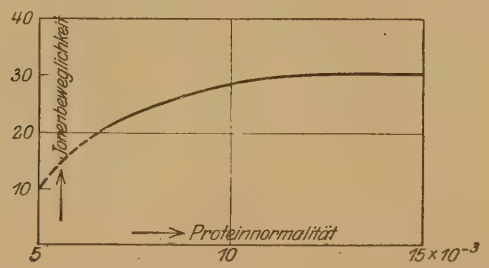


Fig. 5. Der Anstieg der Proteinionenbeweglichkeit mit steigender Proteinnormalität.

physikalisch-chemischen Eigenschaften der Proteinsalze — vor allem Viskosität, optische Drehung und Alkoholfällbarkeit — nicht lediglich von der Stärke der Säuren bestimmt, worauf hier nicht näher eingegangen werden soll.

IV.

Die bisherigen Ausführungen sind auf Beobachtungen an wasser*löslichen* Eiweißkörpern gegründet, vor allem dem Albumin und Glutin. *Eine besondere Gruppe stellen gewisse wasserunlöliche Proteine* dar, die mit Säuren und Basen lösliche Salze bilden. Hierher gehören die Globuline, ferner Fibrin, Kasein sowie einige denaturierte Albumine, wie das in der Hitze koagulierte Albumin und das sogenannte Acidalbumin. Wir wählen daraus für die folgenden Darlegungen das in jüngster Zeit näher studierte Kasein.

Kasein ist unter den gegenwärtig untersuchten Eiweißkörpern am reichsten an sauren Valenzen, es vermag maximal mehr als das Doppelte der von Albumin aufgenommenen Laugenmenge zu binden. Die Bindung ist anfangs eine vollständige (Fig. 6), die Bindungskurve verläuft zunächst linear unter 45 °, dann folgt ein knickartiger Übergang zu verlangsamter Bindung mit steigendem Laugenzusatz, wobei es erst im Überschusse der Base zur Eröffnung weiterer saurer Valenzen kommt. Die nähere Untersuchung ergibt eine interessante Salzbildung in niederen Laugenkonzentrationen.

Wir wollen der besseren Übersicht halber von der folgenden Erfahrung ausgehen. Wird reines Kasein im Überschuß mit 100 cm³ einer 0,01 n Natronlauge bei 20 ° C geschüttelt, so gehen davon rund 2 Gramm in Lösung, die leicht opalisiert aber vollkommen stabil ist. Ihr H-Ionen-Gehalt liegt nahe dem Neutralpunkt bei 10^{-6}. Man kann diese Lösung bis auf die Hälfte mit 0,01 n Natronlauge verdünnen, so daß auf ein Gramm Kasein ein Milligrammäquivalent NaOH entfällt, ohne daß sich die Reaktion praktisch vom Neutralpunkt entfernt. Diese somit halb mit Kasein gesättigte Lösung, wir wollen sie „Kaseinat I" bezeichnen, verhält sich wie das Neutralsalz einer starken Säure. Auch in hochgradiger Verdünnung ist keine stärkere Hydrolyse mittels H-Ionen-Messung nachweisbar. Wir können also auch in hohen Verdünnungen

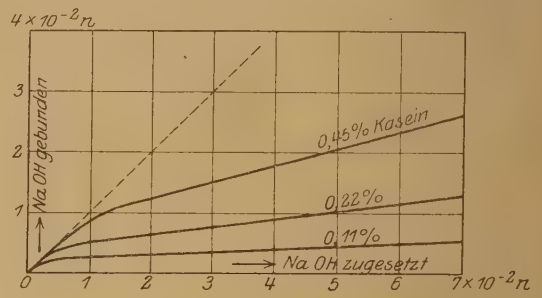


Fig. 6. Verlauf der Bindung einer konstanten Menge Kasein durch Zusatz von Lauge.

(V Liter) ihre Äquivalentleitfähigkeit λ_V direkt bestimmen und aus der λ_V-Kurve den Wert λ_∞ extrapolieren (Fig. 7, I). Aus der Summe der Ionenbeweglichkeiten $u_{Na} + v_{Kaseinat} = \lambda_\infty$ ergab sich die Beweglichkeit des Kaseinat (1)-Ions bei 25 ° mit 32,5 reziproken Ohm.

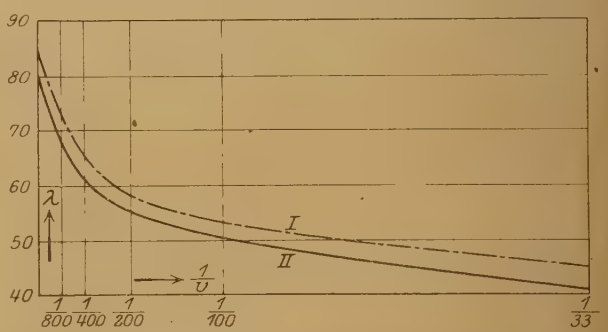


Fig. 7. Leitfähigkeitskurve einer halb (I) und einer maximal (II) mit Kasein gesättigten Lösung.
Abszisse: Konzentration.
Ordinate: Äquivalente Leitfähigkeit.

In der gleichen Weise wie das Natriumkaseinat können wir das Kalium- und Ammoniumkaseinat herstellen und uns überzeugen, daß die Leitfähigkeitskurven der beiden letzteren sich decken, entsprechend der gleichen Wanderungsgeschwindigkeit der beiden Metallionen u_K und u_{NH_4}. Bestimmen wir andererseits die Differenz der Leitfähigkeiten λ_∞ in höchster Verdünnung von Kalium- und Natriumkaseinat, so finden wir $u_K - u_{Na} = 23{,}5$ gleich dem Werte, den alle Neutralsalze dieser Alkalimetalle aufweisen. In

diesen Tatsachen dürfen wir einen sicheren Beweis dafür erblicken, daß unsere Kaseinate typisch unter Bildung von Metallionen dissoziieren.

Da die Leitfähigkeitskurven der Natriumsalze mehrbasischer Säuren in sehr charakteristischer Weise je nach der Wertigkeit des Anions verlaufen, konnte *Wilhelm Ostwald* eine vielbewährte Regel ableiten, die aus dem Gange der äquivalenten Leitfähigkeit die Wertigkeit des Anions zu erkennen gestattet. Diese lautet:

$$\lambda_{1024}^{25^\circ} - \lambda_{32}^{25^\circ} = n \cdot 10,$$

worin die unteren Indices die Literanzahl, welche ein Grammäquivalent Salz enthält, und n die Wertigkeit des Anions bedeuten. Da kein Hindernis für die Anwendung der Ostwaldschen Regel auf unser Kaseinat besteht und wir

$$\lambda_{1024} - \lambda_{32} = 3 \times 9,7$$

finden, so wäre also im halbgesättigten Kaseinat (I) das Kasein eine dreibasische Säure, und dafür $Na_3(Kaseinat)'''$ zu schreiben.

Gehen wir nun zu dem maximal mit Kasein gesättigten Salze über, dem Kaseinat (II), das die doppelte Menge Kasein auf den gleichen Laugengehalt aufgenommen hat, so finden wir eine Leitfähigkeitskurve von dem gleichen Verlauf, nur etwas unterhalb der des Kaseinates I (Fig. 7, II), und aus λ_∞ ergibt sich $v_{Kas\ II} = 28$, also eine mäßige Herabsetzung der Eiweißionen-Beweglichkeit. Ferner ergibt $\lambda_{1024} - \lambda_{32} = 3 \times 10,1$, demnach gleichfalls die Wertigkeit 3 des Anions. Dieses Verhalten wird am einfachsten verständlich durch die Annahme eines Komplexsalzes

$$Na_3[Kasein \cdot Kaseinat]''' \quad \ldots \quad (II),$$

worin das für sich unlösliche Kasein den Neutralteil und das Kaseination den ionogenen Anteil eines dreiwertigen Komplexions bildet.

Auch andere Wege führen zu der angenommenen Konstitution der zwei Kaseinate. Denken wir uns dieselben im gleichen Stromkreise der Elektrolyse unterworfen, so müßte im Falle II die doppelte Menge Kasein an der Anode abgeschieden werden wie im Falle I. Methodisch einwandfreie Versuche zur Bestimmung des elektrochemischen Äquivalents des Kaseins liegen vor. Sie sind von *B. T. Robertson* zur Stütze seiner erwähnten Theorie des ionischen Eiweißzerfalls ausgeführt worden. *Robertson* fand auf der anodischen Platinspirale reines Kasein abgeschieden, während die Kathodenflüssigkeit infolge der Elektrolyse stark alkalisch wird. Was nach unserer Kenntnis der regulären Ionisation der Kaseinate selbstverständlich erscheint, macht für die Robertsonsche Auffassung die größten Schwierigkeiten und eine Anzahl gekünstelter Hypothesen notwendig. In gleichem Maße gilt dies für den weiteren Befund, daß sich die abgeschiedene Kaseinmenge mit steigendem Alkaligehalt vermindert. Durch eine für die angenommene Kaseinauflösung angebrachte Korrektur wird versucht, diese Unterschiede zu beseitigen und ein vom Alkaligehalt unabhängiges elektrochemisches Äquivalent des Kaseins zu errechnen. Da sich die Grundlagen von Robertsons Auffassung auch sonst im Experimente als unhaltbar erwiesen haben, so sei hier nur noch bemerkt, daß, wenn Kasein in seiner Peptidbindung in zwei entgegengesetzte Proteinionen zerfallen würde, keines dieser Stücke durch einfache Neutralisation an der Elektrode sich zum ursprünglichen Kasein ergänzen könnte. Zufällig finden sich in Robertsons Versuchsreihen zwei Proben, deren Kasein-Alkali-Verhältnis genau unseren Kaseinaten I und II entspricht. Die tatsächlich beobachteten (nicht nach *Robertson* korrigierten) Werte der abgeschiedenen Eiweißmengen betrugen für Kaseinat I pro Coulomb 11,15 ± 3 mg und für Kaseinat II 23,6 ± 2,7 mg, also praktisch, wie nach unserer Auffassung zu erwarten war, im zweiten Falle das Doppelte. Multipliziert man das pro Coulomb abgeschiedene Kaseingewicht mit 96 540, der von einem Grammäquivalent Ion geführten Anzahl Coulomb, so kommt man zu dem Äquivalentgewicht 1070, während wir nach der Löslichkeit rund 1000 finden. Das Molekulargewicht des Kaseins wäre dann, seiner Wertigkeit entsprechend, mit rund 3000 anzunehmen.

Wir können ferner auch versuchen, zu einer Schätzung des *Ionenvolumens* unserer Kaseinate zu gelangen. Wie *Richard Lorenz* in jüngster Zeit gezeigt hat, kann man nämlich mittels der Stokes-Einsteinschen[1]) Formel aus dem anderweitig bekannten Ionenvolumen die Beweglichkeiten organischer ein- und mehrwertiger Kationen und einwertiger Anionen berechnen, welche mit den gemessenen Ionengeschwindigkeiten in guter Übereinstimmung stehen. Dabei werden die Ionenvolumina zwischen zwei nahe Grenzwerte eingeschlossen, denen zwei abgeleitete Werte der Ionenbeweglichkeit korrespondieren. Zwischen diese muß die tatsächlich beobachtete Ionenbeweglichkeit fallen, wenn die Stokes-Einsteinsche Beziehung zutrifft. Für den Vergleich werden von *R. Lorenz* die gemessenen Beweglichkeiten auf den gleichen Antrieb reduziert, den nämlich das betreffende Ion im elektrischen Felde erfahren würde, wenn es einwertig wäre. Je nach der Wertigkeit des Ions wird also die gefundene Beweglichkeit (*G. Bredig*) durch 1, 2, 3 dividiert. — Für dreiwertige Anionen fanden sich bei *Lorenz* die aus dem Ionenvolumen abgeleiteten Beweglichkeitswerte größer als die aus der Messung durch Division gewonnenen. Wir haben uns nun überzeugt, daß die Zahlen für dreiwertige Anionen sofort stimmen, wenn die beobachteten Werte nicht durch 3, sondern durch den von *R. Wegscheider* für die gleichen Bredigschen Daten ermittelten Koefficienten 2,4 dividiert werden. Es wurden nun umgekehrt für unsere dreiwertigen Kaseinionen I und II aus den von

[1]) $$u = \frac{K \cdot F}{6 \pi \varrho \cdot \eta N}$$

worin u die Ionenbeweglichkeit in reziproken Ohm und ϱ der Ionenradius, η die innere Reibung des Wassers, $F = 96540$ Coulomb und N die Loschmidtsche Zahl vorstellt.

uns gefundenen Beweglichkeiten $\frac{v_I}{2,4}$ und $\frac{v_{II}}{2,4}$ nach der Stockes-Einsteinschen Formel Durchmesser und Volumina berechnet. Dabei ergab sich $D_I = 1{,}32$ μμ und $D_{II} = 1{,}68$ μμ entsprechend etwa dem amikronischen kolloiden Gold *Zsigmondys*. Die Volumina waren $V_I = 1{,}211 \cdot 10^{-21}$ und $V_{II} = 2{,}478 \cdot 10^{-21}$ cm³, also praktisch für Kaseinat II das Doppelte des Volumens von I, in ausgezeichneter Übereinstimmung mit der von uns angenommenen Konstitution dieser Ionen.

Das Verhältnis unserer Kaseinate zueinander und zu denjenigen bei hoher Laugenbindung wird durch den folgenden Versuch beleuchtet. Wird das etwa durch Sättigung von $^n/_{100}$ Lauge mit Kasein gebildete Na_3[Kasein . Kaseinat]‴ fortschreitend mit Lauge derselben Konzentration verdünnt, so wird das komplexe Kaseinat II in das einfache Na_3 . Kaseinat‴ übergeführt, was mit einer nur mäßigen Erhöhung der Leitfähigkeit einhergeht, da der Beweglichkeitsunterschied der beiden Ionen nicht bedeutend ist. Sobald jedoch der Laugenzusatz weitergetrieben wird, müssen Kaseinationen höherer Wertigkeit ent-

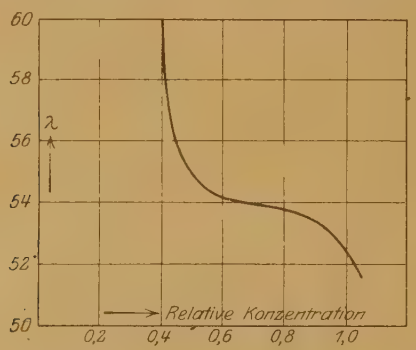


Fig. 8. Zunahme der Leitfähigkeit einer Kaseinlösung mit zunehmendem Laugenzusatz.

stehen und ein jäher Anstieg der Äquivalentleitfähigkeit (Fig. 8. Von rechts nach links zu lesen.) wird die Folge sein. Selbstredend muß der anfangs allerdings geringe Laugenüberschuß gemessen und in Rechnung gezogen werden.

Zusammenfassend können wir sagen, daß bei niederem Laugenzusatz Bildung von Kaseinaten eines relativ einfachen Typus, bei höherem Erschließung zahlreicher saurer Valenzen und Auftreten hochwertiger Eiweißionen erfolgt. Diese Andeutungen mögen genügen, nur eine bemerkenswerte Erscheinung sei noch angeführt. Während bei Säurezugabe die aufgenommene Säuremenge sofort nach dem Zusatz konstant bleibt, nimmt die vom Eiweiß aufgenommene Lauge schon bei mäßigen Konzentrationen mit der Zeit zu und diese Zunahme kann in 24 Stunden selbst 40 % des Anfangswertes erreichen. Da die Peptidbindung nur in der Enolform mit der Lauge reagiert,

$$\text{Ketoform } \begin{matrix} -C-N- \\ | \quad || \\ -H \quad O \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} -C=N- \\ | \\ OH \end{matrix} \text{ Enolform}$$

so ist anzunehmen, daß dem zeitlichen Anstieg der Laugenbindung eine solche Umlagerung in der Peptidverkettung entspricht. Eine analoge Isomerie in der Peptidbindung ist schon im Jahre 1907 von *Leuchs* an Glycylglycinestern gefunden worden.

V.

Die bisherigen Ausführungen waren den Salzen der Proteine mit Säuren und Basen gewidmet. Es ist nun von Interesse, diesen Erfahrungen die *Beziehungen zwischen Proteinen und Neutralsalzen* gegenüberzustellen. Hier ist die Untersuchung etwas schwieriger wegen der Kleinheit der Salzmengen, die mit dem Eiweiß reagieren, dennoch wurde das Bestehen dieser Beziehungen früh erkannt an dem Einflusse, den die Salze in niederen Konzentrationen auf die Zustandsänderungen von Eiweiß ausüben, so an dem Lösungsvermögen für Globuline, der Hemmung von Hitzekoagulation und Alkoholfällbarkeit, der Reibungserniedrigung von Albumin usf. Einen tieferen Einblick gewährten auch hier erst potentiometrische Ionenmessungen zunächst der Anionen des zugesetzten Salzes. Die nebenstehende Fig. 9

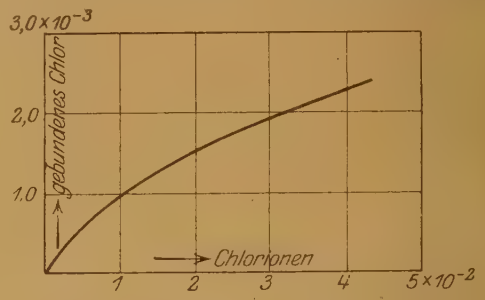


Fig. 9. Bindung des Chlorions an Eiweiß beim Zusatz von Kaliumchlorid
Abszisse: Zugesetzte Menge Kaliumchlorid.
Ordinate: Vom Eiweiß gebundene Chlormenge. (Maßstab der Ordinate 10fach vergrößert.)

zeigt das Verhältnis des gebundenen Cl (Ordinate) zum Zugesetzten einer KCl-Lösung mit 1 % Albumin, wobei die Ordinateneinheit zehnmal größer gewählt ist als die Abszisseneinheit. Diese Kurvenform und die aus den Logarithmen der Konzentrationen gewonnenen entsprechen wohl einer Adsorptionsisotherme, aber das Gleiche gilt für die Chlorbindung aus Chloriden durch die einfachen Aminosäuren Glykokoll und Alanin, bei denen von Adsorption keine Rede sein kann.

Am nächsten liegt für die Erklärung des Verhaltens gegen Neutralsalze die Annahme, daß das Protein, welches ja sowohl mit Säuren als auch mit Basen reagieren kann, an wenigen Stellen des Moleküls mit beiden zugleich, also mit Neutralsalzen zu reagieren vermag. Gegen die Anschauung, nach welcher Alkali- und Säureprotein nebeneinander im Salzeiweiß vorkommen, sprechen die von dem ersteren abweichenden physikalisch-chemischen Eigenschaften des Salzproteins.

Der direkte Beweis für die gleichzeitige Verbindung beider Salzanteile, des anionischen und

kationischen mit dem Eiweiß, ließ sich auf die folgende Weise erbringen. In Lösungen von Alkalisalzen lassen sich wohl gewisse Anionen, nicht aber die Alkalimetallionen in einfacher Weise potentiometrisch bestimmen. Dagegen kann die Konzentration von Edelmetallionen leicht auf diese Weise gemessen werden. Glutin verhält sich nun zum Unterschiede von Albumin gegen Silbersalze genau so wie gegen Alkalisalze. Es gibt mit jenen keine Fällung und beide können in reversibler Weise durch Dialyse glatt beseitigt werden. Durch die Messung der Silberionen in Glutin-Silbernitrat konnte festgestellt werden: 1. Silber wird von Glutin gebunden, 2. Alkalisalze und Silbersalz können sich wechselseitig vom Glutin verdrängen, 3. Die maximale Bindung von Silber durch ein Gramm Glutin beträgt 0,22 Millimol. Sie ist genau gleich der maximalen Bindung für Cl, die früher (6) am Kaliumchlorid gefunden worden ist.

Neutralsalz tritt also mit äquivalenten Mengen des Anions und Kations in das Eiweiß ein, auch hier entfallen mehrere Mole auf ein Eiweißmolekül, doch ist ihre Anzahl nur etwa ⅛—1/20 der aus Säure oder Lauge aufgenommenen Höchstzahl. In höheren Salzkonzentrationen tritt die als „Neutralsalzwirkung" bekannte Beeinflussung des Lösungsmittels und des Gelösten ein, nach welcher sich die Salze in der bekannten „lyotropen" Reihenfolge ordnen. Diese Einwirkung kann nach dem Gesagten in Eiweißlösungen nur auf Salzeiweiß, nicht aber auf das Eiweiß als freie Polyaminosäure erfolgen. Auch im Organismus können Proteine nur als Salzeiweißverbindungen vorkommen, was für die Löslichkeit der Globuline, die Wärmestabilität der Albumine usf. von der größten Bedeutung ist.

VI.

Wenn wir zum Schlusse unserer Betrachtungen einen gemeinsamen Gesichtspunkt herausheben wollen, so kann es nur der sein, daß *alle Reaktionen der Eiweisskörper mit Säuren, Basen und Salzen unter die Gesetze der typischen Elektrolyte fallen* und daß selbst dort, wo die Reaktionsmögichkeiten durch ihre Fülle und Mannigfaltigkeit recht kompliziert erscheinen, die Notwendigkeit einer Ausnahmsstellung für die Eiweißkörper in physikalisch-chemischer Hinsicht nicht ernsthaft begründet werden kann.

Damit erscheint auf den ersten Anblick die Loslösung der allgemeinen Eiweißchemie von der Kolloidchemie vollzogen und wir müssen uns fragen, ob sich hier zwei Forschungsgebiete für immer getrennt haben, deren Weg am Anfang ihrer Entwicklung sehr zum Nutzen beider ein gemeinsamer gewesen ist. Auf Grund von Erfahrungen aus den letzten Jahren (7) möchten wir glauben, daß es zu dieser Trennung nicht mehr kommen, vielmehr die allgemeine Chemie der anorganischen Kolloide den gleichen Weg gehen wird, wie die Eiweißchemie, und daß ihre vollständige breite Verschmelzung mit der übrigen Chemie in greifbare Nähe gerückt erscheint.

Literatur.

Bezüglich der meisten hier angeführten Beobachtungen und Literaturangaben vgl. *W. Pauli*, Kolloidchemie der Eiweißkörper, I. Hälfte (Th. Steinkopff, Leipzig und Dresden, 1920).

1. *v. Fürth*, Probleme d. physiol. u. path. Chemie I, 130 (Leipzig 1912),
2. *W. Pauli*, Kolloidchemie d. Muskelkontraktion. Bei Th. Steinkopff, Leipzig und Dresden 1912.
3. *J. Loeb*, Dynamik d. Lebenserscheinungen (Leipzig 1906).
   — Künstliche Parthenogenese, das. Literatur.
4. *Martin H. Fischer*, Das Oedem (Dresden 1910).
5. *R. Lorenz*, Zeitschr. f. anorg. u. allg. Chemie *94*, 265, 1916.
6. *T. Oryng* und *W. Pauli*, Biochem. Zeitschr. *76*, 373, 1915.
7. Anzeiger d. Akademie der Wissenschaften Wien. 1. Juli 1920.

Über Kriegsverletzungen der Gefäße.

Von Gerhardt von Bonin, Heidelberg.

Es ist von vornherein verständlich, daß der Charakter der Verwundungen im Kriege sich mit den zur Anwendung kommenden Geschossen ändern wird. So erwachsen der Kriegschirurgie immer wieder neue Aufgaben und Anregungen. Die Einführung der kleinkalibrigen Gewehre rückte die Verletzungen der Blutgefäße, die vordem selten gewesen waren, in den Vordergrund des Interesses.

An den großen Schlagadern, wie der Arteria carotis, axillaris, brachialis, femoralis usw. zeigten sich neben vollständiger Durchtrennung, wie sie auch früher vorkamen, Lochschüsse, seitliche Einrisse oder ganz selten Streifschüsse mit einer Schädigung nur der äußeren Wandschichten.

Die früheren Bleigeschosse waren von verhältnismäßig großem Kaliber, 10—15 mm, zylindrisch mit konischer Spitze. Die modernen Spitzgeschosse, die gegen Ende des vorigen Jahrhunderts fast überall eingeführt wurden, haben ein kleineres Kaliber von etwa 7 mm, sind spitz, etwa zigarrenförmig zulaufend und bestehen bei den meisten Staaten aus einem Bleikern mit Stahlmantel; nur Frankreich verwendet ein massives Geschoß aus Kupferlegierung. Neben den Geschossen ist auch die Pulverladung verändert worden, ihre Triebkraft ist gegen früher wesentlich erhöht. Daher ist die Energie der modernen Infanteriegeschosse größer als früher. Sie beträgt an der Mündung beim alten Bleigeschoß 266 mkg, beim Spitzgeschoß 395 mkg und in 2000 m Entfernung 14 bzw. 24 mkg. Noch 2 Faktoren kommen für die Beurteilung der Wirkung der Geschosse in Betracht. Die Form ist jetzt viel spitzer wie früher und während die alten Bleigeschosse stumpf sich durchwühlten, durchstechen die Spitzgeschosse alle ihnen entgegenstehenden Gewebe. Von Wichtigkeit ist ferner die Geschwindigkeit: Die Spitzgeschosse eilen so

rasch durch den Körper, daß ihre seitliche Wirkung, wenigstens bei geradem Auftreffen, im allgemeinen geringer ist, als die der Bleigeschosse[1]). Das ist ein Ausdruck desselben Gesetzes des Trägheitswiderstandes, nach dem z. B. eine Glasscheibe durch einen Hammerschlag zertrümmert, von einem Schuß aber glatt durchbohrt wird. Es ist danach verständlich, daß durch die modernen Infanteriegeschosse Gefäßverletzungen häufiger sein werden, denn ein Ausweichen wie bei den alten Bleigeschossen ist unwahrscheinlich und bei glatten Schüssen werden kleine, umschriebene Gefäßwunden häufig sein.

Diesen Überlegungen, die schon im Frieden durch zahlreiche Schießversuche gestützt waren, hat die Erfahrung der letzten Kriege durchaus recht gegeben. Die Verletzungen der großen Gefäße und ihre Folgezustände sind häufiger als früher gesehen worden.

Aus dem Gebiet der Gefäßverletzungen seien hier zwei Kapitel etwas genauer besprochen: die akuten Blutungen und die Verletzungen der großen Gefäße.

1. Die akuten Blutungen.

Ist die Blutung nach einer Verletzung sehr stark, der Blutverlust also groß, so können bedrohliche Erscheinungen, schließlich sogar der Tod eintreten. Die stark ausgebluteten, blassen Patienten sind unruhig, das Bewußtsein ist meist getrübt, die Atmung in schweren Fällen tief, bisweilen aussetzend (sogen. Dyspnoe), ein Zeichen, daß die Sauerstoffversorgung der Gewebe, insbesondere des Atemzentrums, gelitten hat. Die Ursache des Verblutungstodes ist zweifacher Art: Auf der einen Seite kann die Menge der roten Blutkörperchen so sehr herabgesetzt sein, daß nicht mehr genug Sauerstoff für die Gewebsatmung im Körper vorhanden ist, auf der anderen Seite kann die Blutmenge so gering sein, daß die Gefäße nicht mehr genügend gefüllt sind, der Blutdruck also stark sinkt und das Herz gewissermaßen leerpumpt. Wir reden von einem funktionellen und einem mechanischen Verblutungstode. Fast stets aber werden sich wohl beide Ursachen miteinander verbinden.

Die Folgerungen für das ärztliche Handeln sind leicht zu ziehen. Als erstes gilt es, die Quellen der Blutung zu stillen. Die vorläufige Stillung kann an den Gliedmaßen durch Anlegen einer Umschnürung, die den Blutstrom absperrt, zentral von der Wunde geschehen. Derartige Binden, am besten aus elastischem Stoff, waren schon lange vor dem Kriege durch *Esmarch* empfohlen worden. Es war oft umstritten, ob man sie dem Unterpersonal in die Hand geben sollte, denn sie haben nur dann die beabsichtigte Wirkung, wenn sie richtig angelegt sind, d. h. nicht zu fest und nicht zu locker. Die zu feste Abschnürung birgt zwei Gefahren in sich: Die Absperrung des Blutkreislaufes kann namentlich bei zu langem Belassen der Binde zu Ernährungsstörungen des Gliedes führen. Die Binde kann aber auch auf die großen Nervenstämme drücken, wie dies besonders am Oberarm beobachtet ist, und Nervenlähmungen verursachen, die nur in Monaten oder sogar gar nicht mehr sich zurückbilden.

Liegt die Binde zu locker, so führt die Umschnürung zu venöser Stauung und bewirkt gerade das Gegenteil, nämlich eine Vermehrung der Blutung. So erinnere ich mich aus meiner Tätigkeit im Felde an mehrere Fälle, wo die Blutung prompt nach Abnahme der Binde stand! Daß die Binde also nicht immer sachgemäß angelegt wird, muß zugegeben werden, aber alles in allem überwiegt wohl doch der Nutzen, den sie in vielen Fällen gestiftet hat, den vereinzelten Schäden. — Ein anderes Mittel der vorläufigen Blutstillung, das sich nicht nur an den Gliedmaßen anwenden läßt, ist das feste Ausstopfen der Wunde mit Gaze, die vielfach mit antiseptischen Mitteln, wie Jodoform, Xeroform usw., imprägniert wird; teils mechanisch durch Zudrücken der blutenden Gefäße, teils durch die ausgiebige Berührung des ausgetretenen Blutes mit den Fasern der Gaze und der dadurch geförderten Gerinnung wird eine Blutstillung erreicht. Aber diese Tamponade führt bei zu langem Verweilen zu Sekretstauung in der Wunde und damit zur Infektion, sie muß daher nach einiger Zeit entfernt werden.

Als endgültiges Mittel der Blutstillung kommt bei größeren Gefäßen nur die Unterbindung und zwar an der Stelle der Verletzung in Frage. Bei Blutung aus kleineren Gefäßen, vor allem Venen und Kapillaren, wie sie etwa bei Leber-, Nieren- oder Hirnwunden vorliegen, ist in einigen Fällen auch Gutes von den sogen. Blutstillungsmitteln gesehen worden, deren Gemeinsames es ist, die Gerinnungsfähigkeit des Blutes zu erhöhen. An Allgemeinmitteln wurden hier vor allem Kalksalze, die bekanntlich zur Gerinnung notwendig sind, insbesondere milchsaures Calcium, ebenso auch Gelatine dem Organismus innerlich, unter die Haut oder in die Blutbahn einverleibt, oder schließlich intravenöse Einspritzungen von 10 proz. hypertonischen Kochsalzlösungen gegeben. Unter den lokal angewandten Mitteln sind vor allem zwei Präparate, das Koagulen und das Clauden zu nennen. Das erstere wird aus Blutplättchen gewonnen, die bekanntlich gleichfalls einen zur Blutgerinnung notwendigen Stoff enthalten, das zweite ist ein Extrakt aus Lungengewebe, dessen gerinnungbefördernde Wirkung in experimentellen Untersuchungen erkannt worden war.

Steht die Blutung, so gilt die weitere Sorge dem drohenden Verblutungstode. Gegen den mechanischen Verblutungstod haben sich seit langem intravenöse oder in geringerem Maße auch

[1]) Das Spitzgeschoß neigt auf der anderen Seite mehr zu Querschlägern, die Seitenwirkung ist dann sehr groß.

subkutane Infusionen größerer Flüssigkeitsmengen von ½ bis 1 Liter bewährt. An erster Stelle sind hier die mit dem Blutserum isotonischen Salzlösungen zu nennen. Am häufigsten wurde die 0,9 proz. Kochsalzlösung angewandt; aber sie ist nicht völlig einwandfrei, da sie in ihrer Reaktion nicht mit dem Blutserum übereinstimmt, da sie außerdem gewisse andere Ionen, wie Calcium, Kalium und Phosphorsäure, die gleichfalls einen normalen und besonders für das Herz notwendigen Bestandteil für das Blutserum ausmachen, nicht enthält. Als Verbesserung ist die Ringersche Lösung, die diese Salze mitenthält, allerdings auch nicht in „physiologischem" Mischungsverhältnis, sowie die Lockesche Lösung, die noch einen geringen Zusatz von Dextrose enthält, anzusehen. Auf seiten unserer ehemaligen Feinde wurden auch vielfach Lösungen von Akaziengummi nach *Bayliß* angewandt. Auf Einzelheiten einzugehen, ist hier nicht der Ort. Alle diese Lösungen sind jedenfalls gegen den funktionellen Verblutungstod machtlos. Hier kann nur geholfen werden, wenn neben der Flüssigkeit dem Organismus auch noch Sauerstoff gegeben wird. Als einfachste Maßregeln sind hier reine Sauerstoffatmungen empfohlen worden, wie sie z. B. mittels der Rettungsapparate bei Gasvergiftung usw. leicht gegeben werden können. Auch die großen Narkosenapparate bieten die Möglichkeit reiner Sauerstoffzufuhr. Gelegentliche Erfolge mögen zu verzeichnen gewesen sein. Eine bei weitem vollkommenere Methode, über deren praktischen Wert allerdings noch nicht viel Erfahrungen gesammelt sind, ist die Bluttransfusion, bei der Blut von einem gesunden Menschen, dem Spender, auf den Ausgebluteten übergeleitet wird. Schon vor dem Krieg war das Verfahren bekannt und zuerst in Amerika, dann aber auch bei uns gelegentlich mit gutem Erfolge geübt. Es verlangt begreiflicherweise genaueste Technik und peinlichste Asepsis; außerdem neben Operateur und Patient auch noch einen Spender. Alle diese Vorbedingungen werden im Krieg selten gegeben sein, aber sie sind an einzelnen Stellen doch vorhanden gewesen, so daß es nicht an Stimmen fehlte, die auch im Felde die Bluttransfusion angewandt wissen wollten.

Man geht am vorteilhaftesten so vor, daß man eine Arterie des Spenders (am bequemsten wohl die Arteria radialis) mit einer Vene des Empfängers (V. cubitalis) durch Naht oder sonstwie verbindet und dann das Blut überströmen läßt. Nicht so empfehlenswert, aber technisch einfacher ist es, das Blut erst unter Zusatz eines gerinnunghemmenden Mittels, wie zitronensaurem Natrium (die Kalksalze werden dadurch gefällt), in ein Gefäß aufzufangen und dann sofort wieder dem Empfänger intravenös zu infundieren.

Die Wirkung ist meist sehr deutlich und außerordentlich befriedigend. Das Gesicht des blassen, oft angstvoll unruhigen oder benommenen Patienten rötet sich, er wird ruhiger, besonnener, fühlt sich neu gestärkt. Genauere Untersuchungen haben gezeigt, daß das übergeleitete Blut innerhalb einiger Tage zugrunde geht, aber durch die Resorption dieser Blutkörperchen wird deren Neubildung in dem verletzten Organismus kräftig angeregt, so daß bald, etwa 1—2 Wochen nach der Transfusion, die normale Zahl von roten Blutkörperchen wieder gefunden wird. Das übergeleitete Blut hilft dem Patienten vor allem die erste kritische Zeit nach dem akuten Blutverlust zu überstehen. Ob der Bluttransfusion ein praktisch bedeutender Wert zukommt, läßt sich, wie gesagt, noch nicht entscheiden. Die mitgeteilten Fälle ermuntern jedenfalls dazu, diesen Weg auch in künftigen Fällen weiter zu verfolgen[1]).

II. Die Verletzungen der großen Gefäße.

Besonderes Interesse beanspruchen die Verletzungen der großen Gefäße. An erster Stelle sei eine zwar seltene, aber theoretisch recht interessante Verletzungsform besprochen: Von einigen Ärzten, sowohl bei uns, wie in Frankreich, wird über *Fernschädigung* der Gefäße berichtet. Saust ein Geschoß unmittelbar neben dem Arterienrohr vorbei, führt aber zu keiner Trennung seiner Wandschichten, so treten gelegentlich so schwere Krämpfe der Gefäßmuskulatur auf, daß die Lichtung des Gefäßrohres fast vollständig schwinden kann. Klinisch werden dann alle Zeichen fehlender Blutversorgung des peripher von der Wunde gelegenen Gliedschnittes beobachtet. Operiert man, wie das vor genauerer Kenntnis dieses Krankheitsbildes geschah, so findet man die Arterie unverletzt, aber auf einer Strecke von einigen Zentimetern aufs äußerste kontrahiert. Im Verlauf der nächsten Stunden bis höchstens nach einem Tage erholt sich die erregte Gefäßmuskulatur und die Blutversorgung wird wieder normal. Ein Absterben von Körperteilen als Folge dieses „traumatischen segmentären Gefäßkrampfes" ist nie beobachtet worden[2]).

Nicht zu selten wurde auch nach Durchtrennung einer Hauptschlagader ein glatter *Verschluß* des Gefäßes gefunden. So sah man bei Operationen, die z. B. wegen gleichzeitig bestehender Nervenverletzungen vorgenommen wurden, die vom Geschoß durchtrennten Gefäße vollständig verschlossen und im Narbengewebe eingebettet. Symptome einer Gefäßverletzung waren in diesen Fällen nach der Verletzung nicht beobachtet worden.

Der Verschluß der Gefäße erfolgt durch einen aus geronnenem Blut bestehenden Pfropf, der im Laufe der Wundheilung von Bindegewebe durchwachsen „organisiert" wird und so zu einem festen Abschluß der Ader führt. Außer bei Blutern — wir können von dieser seltenen Krankheit hier absehen — gerinnt das Blut stets, wenn es mit anderen Stoffen als der Innenhaut der Gefäße in Berührung kommt. Zwei Umstände begünstigen einen raschen Gefäßverschluß. Nach

[1]) Vgl. *Coenen*, M. m. W. 1918, S. 1.

[2]) *Küttner* und *Baruch*, Beitr. z. klin. Chir. Bd. *120*, S. 1, 1920.

Durchtrennungen sieht man häufig, wie die Intima und die Media sich weit zurückziehen, das Ende der Ader also nur aus der äußeren bindegeweblichen Hülle, der sogen. Adventitia, besteht und wie ferner Risse in der Intima auftreten. Den beiden erstgenannten Schichten kommt durch eingewebte elastische bzw. muskulöse Fasern eine gewisse Elastizität zu. Das Blut tritt also in innige Berührung mit Adventitia und vermöge der Intimarisse auch mit der Media, kann also auch hier leicht gerinnen. Als zweites Moment kommt noch hinzu, daß sich auf den Reiz der Verwundung hin die Muskelschicht zusammenzieht, die Lichtung also verengt wird, ähnlich wie beim traumatischen segmentären Gefäßkrampf. Dadurch verringert sich die auf den Gerinnungspfropf einwirkende Kraft, die vom Blutdruck und dem Querschnitt des Gefäßes abhängt; sein Haften wird also erleichtert.

Die Blutversorgung der peripheren Teile war nach dem Verschluß der Gefäße meist nicht beeinträchtigt. Infolge der vielfachen Verbindungen der Arterien untereinander bildet sich an den meisten Stellen des Körpers leicht ein guter Kollateralkreislauf aus, der unter Umgehung der Verschlußstelle genügend Blut in die Peripherie einströmen läßt. Die vorher ziemlich kleinen Gefäße erweitern sich, ihre Wandung verdickt sich; mit einem Wort, sie passen sich dem vermehrten Blutstrom an. Der Kollateralkreislauf bildet sich leicht und vollständig in muskulösen Körperteilen aus, wo reichlich Gefäße mittleren bis kleinen Kalibers vorhanden sind, schwieriger in der Höhe von Gelenken, wo sich meist nur die eine Hauptschlagader findet, und auch an solchen Stellen nur schlecht, wo nur eine geringe Zahl von Seitenästen vorhanden ist, wie z. B. an der großen Halsschlagader, deren Verschluß zuweilen zu Ernährungsstörungen des Gehirns führt.

In vielen Fällen kommt es deshalb nicht zur Verblutung, weil durch den engen Schußkanal, der noch dazu durch die kulissenartige Verschiebung der einzelnen Weichteilschichten oft verlegt wird, das Blut nach außen nicht abfließen kann. Es kommt dann zur Ausbildung einer blutgefüllten Wundhöhle, die als Hämatom bezeichnet wird. In manchen Fällen ist die Verletzungsstelle der Gefäße durch die oben geschilderten Vorgänge verschlossen. In anderen wieder ist sie entweder von Anfang an offen geblieben oder nachträglich wieder durchgebrochen, so daß sich ein mit dem Gefäßrohr in Zusammenhang stehender, mit flüssigem Blut gefüllter pulsierender Sack vorfindet. Es ist vorgeschlagen worden, diese Zustände als stille und belebte Hämatome zu bezeichnen, je nachdem, ob eine Verbindung mit dem Gefäß besteht oder nicht. Leider hat sich für die belebten Hämatome der Name *Aneurysma* eingebürgert. Damit werden sonst umschriebene Erweiterungen der Gefäße infolge Erkrankungen ihrer Wand bezeichnet, deren Erscheinungen allerdings denen der belebten Hämatome ähnlich sind. Zum Unterschied von ihnen handelt es sich aber, wie gesagt, um Erweiterungen, nicht um Defekte der Wand, handelt es sich ferner um kranke Gefäße bei den Aneurysmen, um sonst meist gesunde Gefäße bei den belebten Hämatomen. Daraus folgt, daß die Therapie wesentlich andere Bahnen einzuschlagen hat; beim eigentlichen Aneurysma wird man die Grundkrankheit, sei es nun Syphilis, Arteriosklerose oder andere Krankheiten, zu heben suchen. Beim pulsierenden Hämatom wird das Messer des Chirurgen am ehesten heilen können. Dem allgemeinen Sprachgebrauch folgend, sei auch hier von Aneurysmen nach Schußverletzungen gesprochen — sprachlich richtig ist es nicht.

Die anatomischen Verhältnisse der Aneurysmen können außerordentlich mannigfaltige Bilder darbieten. Die Verletzung kann, wie oben schon besprochen, einen seitlichen Einriß, eine lochförmige Durchbohrung oder schließlich eine völlige Durchtrennung des Gefäßrohres bewirkt haben. Weiter kann aber außer der Arterie auch die neben ihr laufende Vene verletzt sein, so daß sich eine Verbindung zwischen Arterie und Vene an der Verletzungsstelle findet. Man redet dann von einem Aneurysma arterio-venosum, das einer gesonderten Besprechung bedarf.

Auch die Größe und Beschaffenheit des Sackes kann schwanken. Bei arterio-venösen Aneurysmen, bei denen das Blut von der Vene gewissermaßen abgesaugt wird, fehlt ein Sack zuweilen gänzlich; schon *John Hunter* unterschied danach zwischen dem Aneurysma varicosum und dem Varix aneurysmaticus, eine Bezeichnung, die neuerdings durch die bessere Aneurysma arterio-venosum directum und indirectum ersetzt worden ist. Das Aneurysma arteriale hat stets einen Sack, dessen Wand zu Anfang aus geronnenem Blut, späterhin aus allmählich immer derber, härter und schwieliger werdendem Bindegewebe besteht. Die Ausdehnung dieser Schwielen hängt von der Größe des Hämatoms, das sich im Anschluß an die Verletzung bildete, ab. Sie können z. B. benachbarte Nerven vollständig einmauern und die Operation in späteren Stadien ungemein erschweren.

Wie eingangs erwähnt, sind Aneurysmen nach Schußverletzungen häufiger geworden. So wird von dem russischen Chirurgen *Pirogoff* berichtet, daß er in den zahlreichen russischen Kriegen in der Mitte des vorigen Jahrhunderts kein einziges arterio-venöses Aneurysma gesehen habe. Im Kriege 1870/71 wurden auf deutscher Seite im ganzen 44 Aneurysmen beobachtet, das sind 0,04 % aller Verwundungen. Im Kriege 1914/18 wurde aus dem Bereich eines Armeekorps über 345 Aneurysmen = 1,9 % aller Verletzungen berichtet. Von diesen waren 55 % arterio-venös, 80 % aller Aneurysmen waren nach Gewehrschußverletzung entstanden[1]).

[1]) *Salomon*, Beitr. z. klin. Chir. Bd. *113*, S. 369, 1918.

Die Symptome eines Aneurysmas sind in den meisten Fällen so charakteristisch, daß die Diagnose ohne weiteres gestellt werden kann. Ausschlaggebend ist ein, manchmal schon kurz, manchmal auch erst mehrere Tage nach der Verwundung nachweisbares Schwirren am Ort der Gefäßverletzung; oft ist es schon für die aufgelegte Hand zu fühlen, stets aber durch das aufgesetzte Höhrrohr wahrzunehmen. Sein Einfluß auf das Wohlbefinden des Kranken hängt vom Sitze der Verletzung ab. An den meisten Stellen wird das Schwirren als solches kaum störend empfunden; nur bei den Kopf- und Halsschlagadern kann es für den Kranken durch subjektive Geräusche lästig, ja sogar außerordentlich quälend werden. Nach dem Autor, der das Schwirren zuerst eingehend studierte, trägt es auch den Namen des Wahlschen Zeichens. Es entsteht durch den Übertritt des Blutes aus der Arterie in den Sack. Dabei bilden sich Wirbel, die ihrerseits die Sackwand erschüttern. Es ist danach klar, daß das Wahlsche Zeichen bei schon lange bestehenden Aneurysmen, bei denen die Sackwand aus hartem Narbengewebe besteht, deutlicher ist, als bei frischen Fällen, in welchen die weichen Blutgerinsel gewissermaßen als Polster wirken.

Zuweilen kann das Schwirren auch täuschen; von einigen Chirurgen sind Fälle mit deutlichem Wahlschen Zeichen beobachtet worden und danach ein Aneurysma angenommen. Bei der Operation fand sich aber keine anatomische Veränderung der Gefäße. Nur einige Male wurde ein dicht über das Gefäß ziehender Narbenstrang beobachtet, der möglicherweise eine Kompression der Ader verursacht haben konnte. Man führte für solche Fälle den Namen „Pseudoaneurysma" ein[1]).

Von den übrigen Symptomen seien vor allem die oft recht starken Schmerzen genannt, die z. T. in den Verwachsungen der Sackwand mit den Nervensträngen, z. T. auch aber in Mitverletzung der Nerven ihre Erklärung finden. Aber auch in dem zweiten Falle werden innige Verlötungen mit der Sackwand vorhanden sein, und die Zerrung der pulsierenden, schwirrenden Bindegewebsmassen ist wohl imstande, Schmerzen zu erzeugen bzw. wesentlich zu verstärken, in manchen Fällen bis zur Unerträglichkeit.

Es wurde bereits erwähnt, daß zwischen arteriellen und arterio-venösen Aneurysmen zu unterscheiden sei. Schon der Charakter des Schwirrens ist bei beiden wohl unterschieden. Beim arteriellen hört man ein intermittierendes, zusammen mit dem Puls auftretendes und mit der Diastole des Herzens verschwindendes Geräusch, beim arterio-venösen ist ein dauerndes, aber mit der Pulswelle sich verstärkendes, sogen. remittierendes Schwirren nachweisbar. Die Stromverhältnisse sind beim einfachen Aneurysma im allgemeinen unverändert geblieben. Es entstehen zwar bei jeder Pulswelle, wie ausgeführt, Wirbel an der Verletzungsstelle, aber das Blut wird etwa unter dem gleichen Druck, wie an der unverletzten Seite, in die Peripherie und in die Kapillaren strömen. Bei Verletzungen an der Wurzel einer Gliedmaße kann es allerdings zur Verspätung der Pulswelle auf der erkrankten Seite kommen, aber eine Behinderung der Blutversorgung könnte höchstens indirekt dann eintreten, wenn infolge großer Entwicklung des Sackes eine Behinderung der Blutbahn, gewissermaßen von außen, eintritt. Anders liegen die Kreislaufverhältnisse beim arterio-venösen Aneurysma. Hier besteht, wie beschrieben, eine direkte Verbindung zwischen Arterie und Vene und wie stets, so fließt auch hier das Blut nach dem Orte des niedrigsten Druckes. Das ist der herzwärts gelegene Abschnitt der Vene, der also am meisten Blut aufnehmen wird. Auch der periphere Venenabschnitt wird etwas Blut erhalten, hier wird also der Blutdruck steigen, so daß die Vene das Blut aus den Kapillaren schlechter als unter normalen Bedingungen aufnehmen kann. Gleichzeitig wird aber auch der periphere Abschnitt der verletzten Arterie weniger Blut erhalten. Sind die Störungen nur leichteren Grades, die Fistel zwischen Arterie und Vene also eng, so wird der Organismus sich den veränderten Verhältnissen anpassen können, in manchen Fällen gelingt das aber nicht mehr, so daß es zu schweren Veränderungen des Kreislaufes kommen kann. Die periphere Blutversorgung wird verschlechtert, in der zentralen Vene, oft wohl bis zum rechten Vorhof des Herzens hin, wird der Blutdruck stark erhöht. Ein Kollateralkreislauf kann sich ausbilden. In einigen Fällen hat man aber doch schwere Ernährungsstörungen des peripheren Gliedabschnittes gesehen, die zuweilen sogar die Absetzung des Gliedes erforderten.

Blutdruckmessungen an experimentellen Aneurysmen, die vor dem Kriege vorgenommen waren, führten zur Aufstellung der geschilderten Theorie der Kreislaufverhältnisse. Eine andere Beobachtung, die als Arterialisierung der Venenwand bezeichnet wird und gleichfalls schon weiter zurückreicht, steht in gutem Einklang mit ihr. Man findet nämlich, als ein schönes Beispiel funktioneller Anpassung, die Venenwand, und zwar vor allem am zentralen Stück, stark verdickt und von vermehrten elastischen Fasern durchwebt. Auch die Muskelfasern sind hypertrophisch. Dem entspricht auf der anderen Seite eine geringere Weite und atrophische Wand des peripheren Abschnittes der Arterie. Oft ist übrigens nicht nur die unmittelbar betroffene Vene, sondern das gesamte Venennetz des verletzten Gliedes stark gestaut und erweitert, so daß schon der äußere Anblick des Patienten auf das Vorhandensein eines Aneurysma arterio-venosum schließen läßt.

Noch ein weiteres Symptom wurde im Kriege gefunden und genauer untersucht. Wenn es auch

[1]) Vgl. *Küttner*, Med. Kl. 1916, Nr. 7.

noch nicht befriedigend erklärt ist, so wirft es doch ein Streiflicht auf den Einfluß der veränderten Kreislaufverhältnisse auf das Herz. Komprimiert man nämlich bei arterio-venösen Aneurysmen von großen Gefäßen, die nahe am Herzen liegen, die Verletzungsstelle, so verwandelt sich zunächst das Schwirren aus einem remittierenden in ein intermittierendes. Weiter aber sinkt die Zahl der Herzschläge von 80 bis auf 60, ja sogar bis auf 40 in der Minute herab. Das Symptom wurde erst im letzten Kriege bekannt, seine Deutung scheint nicht ganz einfach. Einige, die gleichzeitig Blutdruckerhöhung feststellten, wollen nervöse Einflüsse annehmen, andere wieder weisen vor allem auf die schon oben besprochenen Kreislaufverhältnisse hin und glauben zur Erklärung mit rein mechanischen, d. h. hämodynamischen Betrachtungen auskommen zu können. Als sichergestellt darf wohl gelten, daß die Pulsverlangsamung durch Zudrücken der herznahen Vene allein ausgelöst werden kann. Da wir sonst keine reflektorische Beeinflussung der Herztätigkeit der Venenwand kennen, scheint die ungezwungenste Erklärung die zu sein, daß der veränderte Blutdruck, oder vielleicht die veränderte Blutzusammensetzung, die in den großen Venen und dem rechten Vorhof bei arterio-venösem Aneurysma herrschen, irgendwie zur Erklärung dieses Symptomes herangezogen werden müssen[1]).

Die Differentialdiagnose eingehender zu besprechen, liegt nicht in unserer Absicht. Nur ganz kurz sei erwähnt, daß frische Hämatome, belebte wie unbelebte, bei großer Ausdehnung und bei Ausbreitung bis dicht unter die Haut sowohl zu lokalen Entzündungserscheinungen, wie auch zu einer fieberhaften Allgemeinreaktion des Organismus führen können, die zuweilen eine Verwechslung von Aneurysmen mit Abszessen und Phlegmonen bedingen können. Daß derartige Vorkommnisse verhängnisvoll werden können, wenn man, ohne auf eine Gefäßverletzung vorbereitet zu sein, den vermeintlichen Abszeß inzidiert und von den hervorsprudelnden Blutwellen überrascht wird, braucht nicht weiter ausgemalt zu werden. Bei einiger Erfahrung wird man jedenfalls seine Zurüstungen treffen können, auch wenn man bei Beginn der Operation noch nicht zur völligen Klarheit über die Natur des vorliegenden Krankheitsprozesses gekommen ist.

Die Therapie der Aneurysmen hat durch die Erfahrung des Krieges ein durchaus verändertes Aussehen erhalten. Früher wußte man sowohl bei frischen Gefäßverletzungen wie bei Aneurysmen keinen anderen Rat als den, die verletzten Gefäße zu unterbinden. Das war oft gefährlich. Bildete sich kein genügender Kollateralkreislauf aus (gefürchtet war in dieser Hinsicht besonders die Verletzung der Kniegelenksarterie), so traten Ernährungsstörungen der peripheren Abschnitte, ja sogar Brand des Gliedes ein. Auch nach Verletzung der Halsschlagader wurden nicht selten Erweichungsherde im Gehirn gefunden.

Schon am Anfang des vorigen Jahrhunderts war von *Murphy* in Chicago die erste zirkuläre *Naht* der Schenkelarterie ausgeführt worden. Sie blieb zunächst vereinzelt, erst nachdem durch *Carrel* in Amerika, durch *Stich, Enderlen* und *Borst, Payr, Lexer* u. a. die Bedingungen, unter denen eine Vereinigung der Gefäßwände zu dauernder Heilung führt, klargelegt waren, wurde die Naht öfters angewandt. Von *Lexer* war schließlich die Forderung erhoben worden, in jedem Falle, in dem sich aseptische Verhältnisse vorfanden, die Gefäßnaht auszuführen und das Verfahren als die ideale Operation bezeichnet. Im Frieden waren derartige Verletzungen immerhin selten, zudem waren die Friedensverletzungen im allgemeinen einfacher und die äußeren Verhältnisse günstiger als im Kriege, so daß die Frage, ob auch im Kriege die Gefäßnaht ausführbar war, noch offen blieb. Die Balkankriege brachten zum ersten Male größeres Material, aber es kam noch zu keinem Entscheid im Kampf zwischen Unterbindung und Naht. Namhafte österreichische Chirurgen empfahlen die Unterbindung als das sicherere Verfahren. Andere wieder, vor allem serbische Chirurgen hielten die Gefäßnaht für überlegen. Dann kam der Krieg 1914/18 und schon 1915 konnte *Bier* auf der Chirurgentagung in Brüssel die Gefäßnaht als das Verfahren der Wahl empfehlen, die Anwendung der Unterbindung, dieses „minderwertigen Verfahrens", auf bestimmte wenige Fälle, vor allem infizierte Wunden beschränken. Ihm folgten fast alle Chirurgen, die über ein größeres Material berichteten. Neben der Frühoperation der Bauchschüsse ist die Gefäßnaht wohl einer der wichtigsten chirurgischen Fortschritte, die in dem verflossenen Kriege gemacht wurden. Im Laufe des Krieges wurde die Gefäßnaht sogar nicht nur in den wohlgeordneten Betrieben der Etappe und Heimat, sondern von einzelnen Operateuren auch bei frischen Verletzungen im Feldlazarett oder auf dem Hauptverbandplatz ausgeführt.

Auf die operative Technik im einzelnen einzugehen, ist hier nicht der Ort. Das Prinzip der Gefäßnaht besteht darin, die Innenhäute beider Gefäße aneinanderzulegen; wie beim Darm nur Serosa mit Serosa rasch verklebt, so beim Gefäß Intima mit Intima. Im Laufe der Heilung bildet sich eine Narbe, an der sich hauptsächlich Intima und Adventitia, weniger die Muskelschicht der Media beteiligt. In der Narbe treten elastische Fasern, vereinzelt auch Muskelfasern auf. — Oft kann man seitliche Nähte ausführen. Gelingt das nicht, so müssen die Gefäßstümpfe nach Anfrischung — nur gesunde, normale Gewebe dürfen vernäht werden! — zirkulär vereinigt werden. Sollte das auch nicht möglich sein, weil die Enden zu weit auseinanderliegen und auch durch geeignete Stellung der Gliedmaßen in den Gelenken nicht aneinandergebracht werden können, so bleibt als letztes Mittel die *Gefäß-*

[1]) Vgl. *Frey*, M. m. W. 1919, S. 1106.

transplantation übrig. Hierzu eignen sich nur Gefäße von demselben Individuum. Es kommen also in der Praxis nur Venenüberpflanzungen in Frage. Man entnimmt die Vene bei arterio-venösen Aneurysmen am besten der arterialisierten Vene, sonst irgendeiner größeren, gut zugänglichen Vene an Arm oder Bein. Das Stück wird durch doppelte Gefäßnaht oben und unten in den Defekt eingepflanzt. Man sieht bei gelungener Naht, wie nach Freigabe des Blutstromes (zur Naht muß der Blutstrom abgesperrt werden!) die Vene sich infolge des „ungewohnten" Blutdruckes aufbläht und vom Blut durchströmt wird. In vielen Fällen bleibt sie durchgängig. Die erste Ernährung erfolgt aus der Umgebung, d. h. den dem überpflanzten Stück anliegenden Weichteilen. Derartige Transplantationen dürfen daher nur in saubere Wunden, nicht aber in alte Narben erfolgen. Erhält sich das überpflanzte Stück, so findet man im Laufe der Zeit, ähnlich wie beim arterio-venösen Aneurysma, eine Arterialisierung der Venenwand: sie wird hypertrophisch, das Bindegewebe vermehrt sich, ebenso, wenn auch weniger, die Muskelfasern. Bei diesen wird auch eine Hypertrophie der zelligen Elemente beobachtet.

In vielen Fällen, wie gesagt, bleibt das Venenstück durchgängig; aber selbst dann, wenn es infolge ausbleibender Einheilung zum Verschluß der Blutbahn kommt, geht er allmählich vor sich. Die Ausbildung eines Kollateralkreislaufes wird durch diesen Umstand erleichtert. Denn in dem schlecht ernährten Venenstück treten allmählich größer werdende Blutgerinsel auf, die im Verlaufe längerer Zeit erst zum völligen Verschluß der Strombahn führen.

Wenn nun auch jeder Operateur in erster Linie die Gefäßnaht auszuführen bestrebt sein wird, so können doch Verhältnisse vorliegen, die die Anwendung dieser idealen Operation nicht erlauben oder wenigstens nicht ratsam erscheinen lassen. Das gilt immer dann, wenn die Wunde eitert. Man wird dann nicht auf ein festes Halten der Naht rechnen dürfen, sondern müßte sich auf septische Nachblutung gefaßt machen. Das gilt ferner auch für frische Verletzungen, deren weiterer Verlauf, ob glatt oder eiternd, sich oft nicht mit Sicherheit voraussagen läßt.

Es sei daher ganz kurz auf die Unterbindungsmethoden eingegangen. Schon aus der Römerzeit, in der Aneurysmen nach Stichverletzungen, vor allem bei Gladiatoren, häufig gewesen zu sein scheinen, sind uns zwei Operationmethoden, nach *Antyllus* und *Phylagrius*, überkommen. Namentlich die zweite, bei der nach Unterbindung ober- und unterhalb der Verletzung der Sack mit seinen beengenden Bindegewebsschwarten herausgenommen wurde, ergab gute Resultate, während die Methode des *Antyllus*, der nur die Gefäße außerhalb des Sackes unterband, diesen selbst aber beließ, zwar einfacher war, aber nicht so gute Erfolge aufzuweisen hatte. Die Operationen nach *Phylagrius* hatten in neuerer Zeit 7,2 %, die nach *Antyllus* 11,6 % Gangrän im Gefolge[1]). Erst im russisch-japanischen Kriege wurde eine weitere Methode zur Unterbindung angegeben: der japanische Arzt *Kikuzi* empfahl nach seinen Erfahrungen die „Ligatur vom Sackinneren" aus. Er spaltete den Sack und unterband das verletzte Gefäß direkt an der Stelle, wo die Wand durchtrennt war. Dabei ging er von der Überlegung aus, daß gerade in der Sackwand Kollateralen laufen, die zu schonen seien, und auf die die alten Methoden keine Rücksicht nähmen. In den Fällen, über die er berichtet, ebenso im Balkankriege, sind gute Erfolge erzielt worden.

Beim Vergleich beider Methoden vom chirurgisch-technischen Gesichtspunkt aus ist zu sagen, daß eine Aneurysmaoperation auf jeden Fall technisch schwierig ist, denn die größte Arbeit macht das saubere Präparieren der Gefäße und der etwa mit den Gefäßen verlaufenden Nerven. Bei großen Blutergüssen oder gar bei alten derben Schwarten kann das außerordentlich zeitraubend und schwierig sein. Die Gefäßnaht als solche bereitet wohl kaum besondere Schwierigkeiten, vorausgesetzt, daß die geeigneten Instrumente vorhanden sind.

Um die Wahl Unterbindung oder Naht auf sichereren Boden zu stellen, hat man nach Anhaltspunkten dafür gesucht, ob sich ein genügender Kollateralkreislauf ausbilden wird oder nicht. Zu prüfen war, ob nach Unterbindung des verletzten Gefäßes das von diesem versorgte Gebiet genügend ernährt würde. Schon vor dem Kriege war empfohlen worden, das periphere Ende vorübergehend frei bluten zu lassen. Wenn das Blut in kräftigen Strahlen herausspritzt, so soll die Ernährung in der Peripherie ausreichend sein. Leider hat sich das in der Praxis nicht bewährt, denn das Blut kehrt zwar durch die nächsten Kollateralen in die alte Strombahn und damit in das periphere Ende zurück, aber gelangt nicht bis vor in die Peripherie. Es war deshalb eine andere, etwas umständlichere Methode angegeben worden. Wenn man bei Aneurysmen an der Verletzungsstelle den Strom durch Zudrücken des Gefäßes an einem Knochen unterbricht, so soll dann die Ernährung in der Peripherie ausreichend sein, wenn dort noch mindestens ein Blutdruck von 30 mm Hg herrscht. Die Blutdruckmessung ist etwas umständlich, zudem ist es oft schwierig, die Arterien gegen den Knochen einwandfrei zuzudrücken. Daher kommt es, daß die Methode in der Praxis sich nicht viele Anhänger verschafft hat. Ein besserer Weg wurde im Kriege angegeben. Man macht das Glied durch Auswickeln mit einer elastischen Binde blutleer. Wird dann das verletzte Gefäß komprimiert oder in der Wunde verschlossen und danach die Blutleere gelöst, so tritt nur dann die sonst regelmäßig vorhandene Hyperämie mit Rötung der Haut ein, wenn ein genügender Kollateralkreislauf vorhanden ist[2]).

Fällt die Prüfung des Kollateralkreislaufes positiv aus, so wird man voraussichtlich ohne

[1]) *Wolff*, Beitr. z. klin. Chir. Bd. *58*, S. 762.

[2]) Vgl. *Moszkowiez*, Beiträge z. klin. Chir. Bd. *97*, S. 569, 1915.

Schaden für den Patienten unterbinden können, anderenfalls muß man sich auf Störungen der Blutversorgung gefaßt machen und, wenn irgend angängig, die Naht versuchen.

Für die Behandlung des arterio-venösen Aneurysma gelten dieselben Prinzipien wie für das arterielle. Nur eine Forderung ist scharf zu betonen: als das Wichtigste ist, wie sich aus den früheren Schilderungen wohl ergibt, die vollständige Trennung der arteriellen von der venösen Strombahn anzustreben. Ob man weiterhin nähen kann oder unterbinden muß, entscheidet sich nach den dargelegten Gesichtspunkten.

Erfahrungsgemäß sind die Resultate der Unterbindungen auch beim einfachen Aneurysma besser, wenn man neben der Arterie auch die Vene unterbindet, vermutlich deswegen, weil sonst das Blut durch die noch offene Vene zu rasch aus der Peripherie abfließen kann. Bei der Naht der Arterie kann bei der reichlichen Venenversorgung des Körpers die mitverletzte Saugader unbedenklich mitunterbunden werden.

Überblicken wir die Lehre von den Gefäßverletzungen, so läßt sich nach dem Kriege ein Fortschritt in mancher Beziehung finden. Die aus den Schießversuchen und den Beobachtungen früherer Kriege gewonnenen Anschauungen über den Verletzungsmechanismus und über die Häufigkeit der Gefäßverletzungen haben sich bestätigt. Der Therapie der frischen Verblutungen scheint in der Bluttransfusion möglicherweise ein neues, nicht zu unterschätzendes Mittel gegeben zu sein. Die Verletzungsform des traumatischen segmentären Gefäßkrampfes ist neu bekannt geworden. Die Symptomatologie ist um die Pseudoaneurysmen und die Pulsverlangsamung bei Kompression arterio-venöser Aneurysmen bereichert worden. Endlich hat sich die Methode der Gefäßnaht bei Aneurysmen zur allgemeinen Anerkennung durchgerungen.

Besprechungen.

Ritchie, James, The Influence of man on animal life in Scotland, a study in faunal evolution. Cambridge University Press, 1920. XVI, 550 S. Preis 28 Sh.

Ritchies umfangreiches und schön mit Abbildungen, Karten und Kurven ausgestattetes Werk setzt sich zum Ziel, das Schicksal einer wohl abgegrenzten lokalen Fauna unter dem Einfluß des Menschen zu verfolgen. Durch die Fülle des dabei zutage geförderten Stoffes dürfte es in gleicher Weise für den allgemeinen Biologen, den Faunisten wie den Naturfreund von großem Interesse sein; dies Interesse wird noch erhöht durch die Neigung des Verfassers, reichlich aus alten Quellen zu zitieren, deren amüsanter Stil dem Buch eine besondere Würze verleiht. Schottland eignet sich besonders gut für eine derartige Darstellung, da es geographisch sehr gut abgegrenzt ist, da seine Besiedlung durch Mensch und Tier sicher erst nach der Eiszeit erfolgte und da infolge des nationalen Geistes seiner Bewohner die Geschichte aller einzelnen Teile sehr wohl bekannt ist. Der Verfasser geht davon aus, ein Bild der Fauna nach der Eiszeit zu rekonstruieren, wie es wohl der damals eingewanderte Mensch vorgefunden haben wird und wie es sich aus Küchenabfallhaufen, Höhlenfunden und dergl. mehr ergibt. Dann verfolgt er die Änderungen, die sich bis auf den heutigen Tag vollzogen und betrachtet sie von einer Fülle verschiedenster Gesichtspunkte aus.

Der erste Hauptteil betrifft die absichtlichen Eingriffe des Menschen in den Naturhaushalt. Zunächst wird das Problem der Domestikation behandelt, für das Schottland ein besonders günstiges Areal darstellt, da noch jetzt sich dort Rassen von Schafen, Rindern und Pferden vorfinden, die den ursprünglichen Wildformen sehr nahe stehen. Über sie wird daher auch besonders eingehende und authentische Information gegeben. — Es folgt dann ein Kapitel über die absichtliche Zerstörung von Tierformen, und zwar wieder im einzelnen eingeteilt nach dem Prinzip: Zerstörung von Raubtieren aus Sicherheitsgründen, Zerstörung eßbarer Tiere, Zerstörung für Haut- und Ölgewinnung, Zerstörung von Ungeziefer und Zerstörung zu Sport- und Luxuszwecken. In diesem Kapitel findet sich vor allen Dingen die Tragödie von Luchs, Bär, Wolf, Felstaube und Alk dargestellt. — Das nächste Kapitel behandelt den entgegengesetzten Einfluß, nämlich den *Schutz* der Fauna, und zwar für Sportzwecke, für Nützlichkeitszwecke, aus ästhetischen oder Aberglaubegründen. Aus diesem Kapitel ist die interessante Feststellung hervorzuheben, daß während des Krieges Hirsche, Hasen usw. durch das Ausfallen der üblichen Jagden so zugenommen haben, daß sie ganz außerordentlichen Schaden tun und daß die Regierung bereits 1917 gezwungen war, alle Schutzgesetze aufzuheben und das Töten von Wild in jedem Umfange zu gestatten. Das nächste Kapitel befaßt sich mit der absichtlichen Einführung neuer Tiere, wieder unter den einzelnen Gesichtspunkten von Nützlichkeit, Sport, Luxus.

Der zweite Hauptteil des Buches beschäftigt sich dann mit dem indirekten Einfluß des Menschen auf das Tierleben. Dabei wird vor allem ausführlich die Zerstörung der Wälder mit allen ihren Konsequenzen auf die Tierverbreitung, wie etwa auf das Aussterben von Elch, Renntier u. ähnl. erörtert. Diesem Kapitel schließt sich dann in natürlicher Weise die Besprechung der allgemeinen Einflüsse von Kultur und Zivilisation an, wie sie sich auf der einen Seite in der Abnahme der Masse des Tierlebens, auf der anderen Seite in einer Zunahme äußern; wie sie sich ferner äußern in der Ausbreitung von Tieren auf neuen Wegen (Kanälen, Straßen, Brücken, Eisenbahnen) oder in einem Wechsel der Lebensgewohnheiten durch Gewöhnung (Städte, Wasserwerke usw.). — Endlich wird noch ein besonderes Kapitel den Tieren gewidmet, die dem Menschen und seinem Handel unabsichtlich folgen wie die Ratten auf Schiffen, die Insekten im Holz und Nahrungsladungen und ähnliche Fälle, bei denen sich der Verfasser nicht ausschließlich auf seine schottische Heimat beschränkt. Der allgemeine Schluß, zu dem die Gesamtdarstellung den Verfasser führt, ist: die Fauna erweckt den Eindruck, durch den Einfluß des Menschen stark verringert worden zu sein. In Wirklichkeit aber hat sie an Zahl der Individuen wie der Formen gewonnen. Jener Eindruck wird dadurch hervorgerufen, daß die Zerstörung der Nahrungs- und Brutstätten wie das Hinschlachten von Tieren, in erster Linie die großen Tiere, ausgemerzt hat. An ihre Stelle aber sind zahllose kleine Lebewesen, Insekten, Ungeziefer und dergl. getreten, die, obwohl viel größer an Zahl, nicht ohne weiteres in die Augen springen. Die Abnahme betrifft also nicht die Zahl

oder Varietät der wilden Fauna, sondern nur ihren Typus. Kaninchen, Sperlinge, Regenwürmer und Raupen, Ratten, Schaben und Wanzen haben den Platz der stolzen Tiere eingenommen, die den Ruhm vergangener Zeiten darstellten, des Renntieres, des Elches, des Wolfes, des Bären, des Luchses, des Bibers, des Kranichs, der Rohrdommel und vieler anderer.

Eine kleine Ausstellung an dem Buch kann der Referent schließlich nicht unterdrücken, nämlich den Mangel eines Literaturverzeichnisses. Sicher möchte mancher Leser selbst einen Blick in die vielen alten Quellen tun, die herangezogen, aber nicht genau zitiert werden. *R. Goldschmidt, Berlin-Dahlem.*

Schmidt, Harry, Das Weltbild der Relativitätstheorie. Hamburg, Paul Hartung, 1920. VIII, 128 S. Preis geh. 12,— M., geb. 15,— M.

Eine populäre Darstellung der Relativitätstheorie in schöngeistigem Gewande. Sie beginnt mit einem Sonnenuntergang auf der Elbe, um über die „Weltallsharmonie" und Kopernikus-Newton „ungezwungen" bei Einstein zu landen. Dann stelzt sie sich in posierter Naivität mit eingestreuten Goetheworten durch die Relativitätstheorie hindurch. Dabei ist die Darstellung nicht unrichtig, aber sie vermag den erkenntnislogischen Gehalt der Theorie — den eine unmathematische Darstellung allein bieten sollte — nicht herauszuschälen, sondern muß die abstrakten Gedanken *Einsteins* durch eine sentimentale Weltallsromantik schmackhaft machen. Im Grunde ist all diese künstliche Natürlichkeit und goethesierte Lebensbewunderung doch nur eine Cachierung für schulmeisterhafte Überhebung — bescheidene Langweiligkeit wäre ehrlicher gewesen. *Reichenbach, Stuttgart.*

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Über das Fett der „Noctiluca miliaris". Die chemische Natur und die Bedeutung der fettartigen Plasmaeinschlüsse des Meerleuchttierchens haben wegen ihrer wahrscheinlichen Beziehungen zu dem Leuchtvermögen seit langem viele Forscher beschäftigt. Neuerdings hat *Pratje*[1]) über seine an der Helgoländer biologischen Station angestellten Untersuchungen berichtet.

Die fast stets kugeligen Einschlüsse finden sich als im allgemeinen 1—5 μ große Tröpfchen vor allem im Zentralplasma und in seiner Nachbarschaft. Häufig findet man hier aber auch die größeren Tropfen (es sind solche bis zu 35 μ Durchmesser beobachtet). Kleinere bis zu ½ μ Größe hinunter sind im ganzen Plasmanetz fein verteilt und besonders auch im peripheren Plasma und in der Plasmahaut anzutreffen. Die Noctilucastadien ohne Organellen, d. s. die sich auf Teilung und Schwärmerbildung vorbereitenden, zeigen oft größere Mengen von Einschlüssen (zur Erhöhung der Schwebefähigkeit??). Die leicht gelbliche Farbe und starke Lichtbrechung lassen schon vermuten, daß wir in den Tröpfchen *Fett* vor uns haben. Zur Klärung der Frage, ob es sich um neutrale, echte Fette, ätherische Öle, Cholesterin-Ester oder Lipoide im engeren Sinne handelt, wurde das Verhalten gegenüber einer Reihe von speziellen Fettfärbe- und Lösungsmitteln studiert, von denen die ersteren die deutlichsten Resultate ergaben. Zinnoberrote Färbung durch alkoholische Sudan-III-Lösung, tief zinnober-orangerote Färbung durch Nilblauchlorhydrat wiesen neben der bekannten Reaktion auf Osmiumsäuregemische („Flemmings Gemisch", Bestätigung der Beobachtungen von *Doflein* und *Vignal*) entschieden auf die Fettsäuren resp. deren Glyzerinester hin. Da wir es bei Noctiluca mit einer Osmiumreaktion flüssiger Fette zu tun haben (Stearin und Palmitin lassen im festen Zustand die Reaktion vermissen), die granatrote Färbung durch Sudan III *im kalten* aber nur dem Olein resp. der Oleïnsäure zukommt, so darf man mit ziemlicher Sicherheit auf *Glyzerinester der Ölsäure* und ähnliche Verbindungen schließen.

Als Differentialdiagnostikum zwischen echten Fetten und ätherischen Ölen wird Chloralhydrat angegeben. Während die Tröpfchen durch absol. Alkohol, Aceton und Schwefeläther gelöst wurden, gelang dies durch Chloralhydratlösung nicht (die ätherische Öle leicht löst). Die Cholesterinester konnten wegen ihres optischen Verhaltens (Doppelbrechung) mit Hilfe des Polarisationsinstruments, die Lipoide im engeren Sinne (Phosphatide, Zerebroside) wegen abweichender färberischer Eigenart ausgeschlossen werden.

Die Frage nach der *Entstehung* der Fetttropfen, ob aus Eiweiß (tierischer Nahrung), aus Kohlehydraten (Diatomeennahrung) oder auch durch direkte Fettverdauung (wie durch *Voit* und *Pettenkofer* für Metazoen einwandfrei, für Protozoen noch nie einwandfrei nachgewiesen) kann nicht restlos geklärt werden, doch wird die Wahrscheinlichkeit, daß auch *direkte* Ausnutzung des Fettes der Nahrung stattfindet, sehr groß. — Das Fett ist als Reservefett, weniger (im Sinne *Dofleins*) als „Schwebefett" anzusprechen, da auch fettarme Individuen gut an der Oberfläche schweben. Die Verteilung des Fettes auf Tochtertiere und Schwärmer bei Teilung und Schwärmerbildung spricht für diese Annahme. Beim Leuchten soll es sich um eine „Nebenerscheinung des Stoffwechsels" handeln und nicht um eine physiologische Funktion. *H.*

Sulfitablauge als Düngemittel. Obwohl die Ablaugen der Zellstoffabriken im Kriege die mannigfachste Verwendung fanden, ist ihre allseitig befriedigende Verwertung bisher noch nicht möglich. Da die Mengen dieser Ablaugen in den meisten Fabriken sehr beträchtlich sind, z. B. erzeugt eine einzige Zellstoffabrik in Oberbayern rund 140 Millionen Liter jährlich, so ist die wirtschaftliche Verwertung der Ablaugen eine recht dringliche Aufgabe. Man ist in den letzten Jahren zwar dazu übergegangen, aus dem in der Lauge enthaltenen Zucker durch Vergären Alkohol herzustellen; aber auch hierbei erhält man wieder große Mengen von Ablaugen, die bisher ungenutzt in die den Fabriken benachbarten Flüsse abgelassen wurden. Dies bedeutet eine große Verschwendung, denn die entzuckerte Lauge ist noch reich an organischen Stoffen, die als Pflanzendünger Verwendung finden können. Versuche, die Prof. *Bokorny* in dieser Richtung angestellt hat, hatten der „Chemiker-Zeitung" 1920, S. 174, zufolge ein recht befriedigendes Ergebnis. Schon die Tatsache, daß die entzuckerte Sulfitablauge beim Stehen an der Luft rasch verpilzt, ist ein Beweis dafür, daß Pflanzennährstoffe darin enthalten sind. Die Wirkung der Ablauge im Boden beruht auf einer Steigerung der Kohlenstoffernährung, die bisher fast ausschließlich der an Kohlenstoff so armen atmosphärischen Luft überlassen wurde. Durch das Einbringen der Ablauge in den Boden soll einmal in der Bodenluft und in den unteren Luftschichten der

[1]) Dr. *A. Pratje:* Noctiluca miliaris Sur. Untersuchungen über das Vorkommen von Fett. Breslau 1920 (als Manuskript gedruckt).

Kohlensäuregehalt erhöht werden, da durch die Einwirkung von Pilzen auf die Ablauge Kohlensäure gebildet wird, ferner sollen die zur Ernährung der Pflanzen tauglichen Bestandteile, wie Zucker, organische Säuren und andere, direkt in den Boden eindringen und von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden. Daneben müssen jedoch auch noch die üblichen Düngemittel Stickstoff, Kali und Phosphorsäure dem Boden zugeführt werden. Diese drei Bestandteile sind z. B. im menschlichen Harn enthalten, mit dessen Zusatz zu der Ablauge Prof. *Bokorny* gute Erfahrungen gemacht hat. Zugleich konnte experimentell bewiesen werden, daß das Lignin der Ablaugen durch Pilze tatsächlich zu Zellsubstanz und Kohlensäure verarbeitet wird.

Bei Freilandversuchen wurde bei Getreide, ferner bei Hülsenfrüchten und Feldkohl eine durchaus günstige Wirkung der Sulfitablauge beobachtet, indem sowohl die Erntegewichte als auch der Wuchs sowie die Zeit der Blüten- und Fruchtreife günstig beeinflußt wurden. Auch von *Kern*, der mit einem Gemisch von Sulfitablauge und Kieselgur entsprechende Düngungsversuche anstellte, wurde ein gleich günstiges Ergebnis erzielt. Es wäre zu wünschen, daß derartige Versuche an möglichst vielen Stellen unternommen werden, denn auf diese Weise wäre die Ablaugenfrage in recht einfacher und nutzbringender Weise zu lösen, einerlei ob aus der Ablauge vorher Alkohol gewonnen wurde oder nicht. Freilich käme dieses neue Düngemittel nur der unmittelbaren Umgebung von Zellstoffabriken zugute, da die Ablaugen wegen ihres hohen Wassergehaltes eine Verfrachtung nicht ermöglichen. *S.*

Vom Plattensee. Der Plattensee, der seinem Flächeninhalte nach (561 bis 614 qkm) größer als alle Alpenseen, jedoch von erstaunlicher Seichtigkeit ist (im Mittel kaum 3 m), wird durch eine von Norden vorspringende Halbinsel in zwei durch eine Enge geschiedene Becken geteilt. In dieser Enge findet sich die tiefste Stelle, eine mehr als 10 m tiefe, sanftgeböschte in der Richtung von dem einen zum andern ziehende Rinne, der „Kut" oder „Brunnen". — Auf den limnologischen Forschungen *Cholnokys* fußend, versucht *P. Lehmann* (*Der „Brunnen" oder „Kut" im Plattensee, Petermanns Mitt.* 1920, Juniheft) eine morphologische Erklärung dieser Erscheinung. Nach ihm ist der Brunnen nicht im Aufbau des Bodens begründet, auch nicht ein „Ponor", ein Speiloch der Karstseen, sondern eine durch Strömungen gebildete Hohlform, vergleichbar den Baljen und Prielen des Wattenmeeres, den „Tiefen" der Boddenküste. Die Ursache der Strömungen aber ist folgende: Unter der stauenden Einwirkung des Windes steigt bald das eine, bald das andere Teilbecken des Sees an, während das entgegengesetzte sinkt. Es entsteht so eine stehende Welle, deren Knoten in der Enge liegt, eine sog. „Seiche". Der Höhenunterschied der beiden Teilspiegel oder die Amplitude der Seiche wurde bis 30 cm gemessen. Ein solcher von 20 cm erzeugt nach *Cholnokys* Berechnung eine Ausgleichsströmung von 0,86 m in der Sekunde, also eine Geschwindigkeit, wie sie die Donau im Mittel bei Budapest aufweist. Die in der Enge beobachtete Strömung von 0,6 m wird von *Lehmann* für ausreichend angesehen, um den bis zu 2 m mächtigen Schlamm und die miozänen pontischen Sande am Grunde der Enge fortzuführen und so eine Rinne auszuschürfen, wie sie im „Brunnen" vorliegt. *B. Brandt.*

Wer sich auf kürzestem Wege über den Werdegang der Völkerkunde orientieren will, wird das umfassendste über diese Disziplin mit Hinweisen auf die Nachbargebiete in der klaren und sachlich gründlichen Arbeit von *O. Stoll*, **Die Entwicklung der Völkerkunde von ihren Anfängen bis in die Neuzeit** (Mitteilungen der geographisch-ethnographischen Gesellschaft Zürich 1917/18, Band *XVIII*, S. 1—130) finden. — Wenn auch die Unbeirrbarkeit des reifen Gelehrten ihn vor gewissen spekulativen modernen Ideen Halt machen läßt, weil sie ihm nicht genügend fundamentiert erscheinen — er tut sie mit dem Wort „Musealethnologie" ab —, so wird er der neueren Forschungsmethode dennoch insofern gerecht, als er objektiv die Quellen und Autoren nennt, die z. B. die Lehre von den „Kulturkreisen", nach ihren Prinzipien entwickelt, behandeln. Daher bietet diese Arbeit einen nicht nur chronologisch geordneten historischen Überblick über die Entwicklung der Völkerkunde, sondern auch eine lückenlose Darstellung (soweit dies in der Kürze möglich ist) über die bestehenden Anschauungen: In den sieben Kapiteln, die vom Begriff und den Anfängen der Völkerkunde bis zur Lehre *Darwins* über die Entstehung der Arten sowie über die Weiterentwicklung der Palae-Anthropologie und Palae-Ethnologie handeln, scheint mir im ersten Kapitel von besonderem Interesse die Definition und Klarlegung einzelner bisher noch nicht entwirrter Begriffe, wie Ethnologie, Völkerkunde, Folklore, die Anwendung des Begriffes Ergologie nach *Sarasin* (S. 4 ff.), der Völkerpsychologie (S. 10) sowie der Begriffe der sozialen Organisation, der Religion usw. *Stoll* geht im 2. Kapitel zur Schilderung der Kenntnisse völkerkundlicher Anfänge im Altertum und Mittelalter über, wobei die Erwähnung der „Couvade". (Männerkindbett) in ihrer weiten Verbreitung bei den verschiedenen Rassen (bei den Iberern nach *Strabo*, in China und Südfrankreich) besonders eingehend ist.

Eine neue Wendung der völkerkundlichen Kenntnisse tritt durch die Entdeckungsreisen des *Marco Polo* und *Columbus* (3. Kap.), des *Fray Roman Pane* nach Haiti, Las Casas u. a. ein. Die angeführten Belege aus den Reiseberichten sind treffliche, wenn auch etwas einseitig gehaltene Ergänzungen. Vielseitiger und bedeutungsvoller ist wohl im 4. Kapitel die Auseinandersetzung über die Herkunft der Völkernamen, woran sich die Betrachtung der vergleichenden Linguistik (Kap. 5) sehr glücklich anreiht. Als Beispiel für die weitere Entwicklung der Rassesystematik führt Verf. im 6. Kap. die Anschauungsweise des holländischen Arztes *Petrus Camper* gelegentlich seiner Studien der charakteristischen Kopf- und Gesichtsbildungen bei Menschen und Tieren an, die ihn veranlaßten, eine braungemalte menschliche Wiedergabe nicht als Mohr zu betrachten, wie bisher, sondern mittels Instrumentalvergleichen die Gesichtsunterschiede der Rassen zu erkennen. Von diesem Ausgangspunkt lernen wir in kurzen Seiten die Entwicklung der systematischen physischen Anthropologie und die Beteiligung der verschiedensten Länder an dieser kennen. In einem Schlußkapitel wird, wie schon gesagt, der neueren Forschung eingehend Erwähnung getan. Ein ausführliches Namen- und Sachregister beschließt die außerordentlich anregende Arbeit. *St. O.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W. 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W. 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW. 19

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 48. (Seite 927—942) 26. November 1920. Achter Jahrgang.

INHALT:

Neues zur Frage nach einem Farbensinne bei den Bienen. Von *C. v. Hess, München.* S. 927.
Über die Wirkung von Arzneigemischen. Von *W. Storm van Leeuwen, Leiden.* (Mit 5 Kurvenbildern.) S. 929.
Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin: Vier Jahre als Geologe in Peking. S. 938.
Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 940-942. Die erste Afrikadurchquerung auf dem Luftwege. Lotung vom fahrenden Schiff aus. Die Rolle des Cystins bei der Ernährung. Röntgentherapie in der inneren Medizin. Immunität der einjährigen Pflanzen. Studien über den Segelflug.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Die Gifte in der Weltgeschichte

Toxikologische, allgemeinverständliche Untersuchungen der historischen Quellen

von Professor Dr. **L. Lewin**

Preis M. 56.—; gebunden M. 68.— (und Sortimentszuschlag)

Aus einem an Erfahrungen, Forschen und Lehren reichen Leben heraus ist dieses Werk entstanden, und für andere, und auch für andere Zweige menschlichen Wissens ist es als Bereicherung gedacht.

Inhaltsübersicht:

Die Entwicklung, Verbreitung und Verwendung der Giftkenntnisse in alter Zeit — Die Vergiftungen in ihrer Erscheinung als Krankheiten — Die Behandlung der Vergiftungen in früheren Zeiten — Die Beziehung von Gesetzen zu Gift — Vergiftungen durch Ärzte oder Laien mittels Arzneien — Giftbeibringung auf absonderlichen Wegen — Selbstmorde durch Gift — Alter und Bedeutung der Arsenverbindungen als Gifte — Hervorragende, geschichtliche Menschen als Verüber oder Erdulder von Vergiftungen — Frauen als Giftkennerinnen und Vergifterinnen — Geistliche als Vergifter oder Opfer von Vergiftungen — Gifte als Kriegsmittel.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die elfspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch. Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C. Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser, Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., G. m. b. H. & Cie. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Schutz gegen die

Grippe

u. andere Ansteckungen von Mund und Rachen aus (Halsentzündung, Diphtherie, Scharlach usw.) durch Sauerstoffdesinfektion mittels

Perhydrit-Tabletten

In Wasser gelöst zum Spülen des Mundes und zum Gurgeln.

Packungen mit 10, 25 und 50 Stück in den Apotheken und Drogerien.

(223 I)

Mikroskopische Präparate

Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Testplatten, Mineralogie und Geologie. Bitte zu verlangen: Liste über neue Schulsammlung mit Textheft und weiteren Angaben über Kataloge etc.

J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (207)

Die Naturwissenschaften
Jahrgang 1915, 1916 und 1919
zu kaufen gesucht (226)
Angebote erbeten an
H. F. Günther, Charlottenburg
Königin Elisabeth-Straße 50

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang Berlin — *Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr. Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)*

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 26. November 1920. Heft 48.

Neues zur Frage nach einem Farbensinne bei Bienen.

Von C. v. Heß, München.

I.

Einer gedeihlichen Entwicklung der vergleichenden Farbenphysiologie standen lange und stehen zum Teile noch heute zwei schwer zu überwindende Vorurteile entgegen. Das eine ist der verbreitete Irrtum, die Farbe, in der wir einen Gegenstand sehen, sei ausschließlich Eigenschaft dieses letzteren, d. h. im wesentlichen unabhängig von dem betrachtenden Auge: Man glaubte lange, daß, wo immer bei Tieren Sehorgane vorhanden sind, diese die für uns farbigen Gegenstände auch so sehen müßten, wie wir sie bei heller Beleuchtung mit unseren mittleren Netzhautteilen sehen. Aus solchen Anschauungen entwickelte sich die verbreitete und in der Zoologie noch vielfach für richtig gehaltene Lehre *Sprengels* (1793) von der Bedeutung der Blütenfarben für den Insektenbesuch und die Lehre von den Schmuckfarben bei Tieren. Wir wissen heute, daß dieser beliebte Analogieschluß vom Menschen- auf das Tierauge *nicht* zulässig ist: Ganz abgesehen davon, daß die Farben, in welchen wir die Gegenstände sehen, sehr wesentlich von Ort und Adaptationszustand der benutzten Netzhautstelle abhängen, gibt es eine nicht kleine Zahl von Menschen, die jene Farben wesentlich anders als wir sehen (partiell Farbenblinde) oder überhaupt nur Helligkeitsunterschiede wahrnehmen (total Farbenblinde). Die Annahme, daß Tiere die Gegenstände in solchen Farben sehen müßten, wie sie nur der farbentüchtige Mensch, und dieser nur mit seinen mittleren Netzhautteilen und bei Helladaptation sieht, war von vornherein weder empirisch noch logisch zu begründen.

Das zweite Vorurteil war, daß man glaubte, nur durch die Sprache sei genügend Aufschluß über die Sehqualitäten eines Menschen zu erhalten, daher die Möglichkeit ausgeschlossen, über jene der Tiere jemals sicheres zu erfahren. Dieser zweite Irrtum ist in den letzten 10 Jahren etwas mehr in den Hintergrund getreten, nachdem meine Untersuchungen gezeigt haben, über wie viele bisher für unlösbar gehaltene Fragen wir hier durch geeignete Versuchsanordnung Aufschluß erhalten können. Dagegen beherrscht das erste Vorurteil noch einen großen Teil der zoologischen Darstellungen über einen angeblichen Farbensinn bei Wirbellosen.

Der Kernpunkt der über die Sehqualitäten der Bienen gepflogenen Erörterungen ist folgendes: Untersuchungen an einer großen Zahl von Wirbellosen, darunter insbesondere auch an Bienen, im *Spektrum* führten mich übereinstimmend zu dem Ergebnisse, daß alle Wirbellosen das für den total farbenblinden Menschen charakteristische und ein ganz anderes Verhalten zeigen als wie normale oder partiell farbenblinde Menschen unter entsprechenden Bedingungen. In der Zoologie legt man demgegenüber Wert auf sogenannte Dressurversuche, bei welchen man z. B. zwischen verschiedenen grauen Papieren ein blaues sichtbar macht und findet, daß unter bestimmten Bedingungen die Bienen dieses letztere in großer Zahl befliegen. Man schließt hieraus auf Farbensinn der Bienen, während meine Versuche totale Farbenblindheit derselben beweisen. Da diese Ergebnisse nicht beide richtig sein können, war die Aufgabe, zu ermitteln, wo der Fehler liegt. Für den physiologisch Geschulten konnte nach meinen Befunden die Frage nur lauten: *wie und unter welchen Umständen kann ein Sehorgan ohne Farbensinn eine für uns blaue Fläche von einer grauen unterscheiden?* Der Lösung dieser Aufgabe gelten meine neuen Untersuchungen an Ameisen, Bienen, Krebsen und Mückenlarven, über die ich im folgenden kurz berichte[1]). Daß die bisher bekannt gewordenen „Dressurversuche" bei Bienen alles andere, nur keinen Farbensinn derselben beweisen, habe ich früher an Hand der darüber mitgeteilten Protokolle im einzelnen ausgeführt (A. f. d. ges. Phys. Bd. 170, 1918). Im folgenden wird ganz *allgemein* gezeigt, daß und warum es aussichtslos ist, durch die üblichen Dressuren etwas über die Sehqualitäten der Bienen erfahren zu wollen.

II.

Für den normalen Menschen reichen die Grenzen des ohne besondere Hilfsmittel gesehenen Spektrums von etwa 700 μμ entsprechend dem äußersten Rot bis etwa 400 μμ entsprechend dem äußersten Violett[2]). Für den total farbenblinden Menschen ist das Spektrum am roten Ende stark verkürzt, dagegen reicht es am violetten für ihn ungefähr ebenso weit wie für uns. Für die Bienen ist es am roten Ende ähnlich wie für den total Farbenblinden verkürzt, dagegen haben die für uns unsichtbaren ultravioletten Strahlen (im

[1]) Eine ausführliche Darstellung auf breiter experimenteller Grundlage erfolgt im A. f. d. ges. Phys.

[2]) Genaueres hierüber habe ich in einem Aufsatze „Die Grenzen der Sichtbarkeit des Spektrums in der Tierreihe" (diese Zeitschrift 1920 Nr. 12) mitgeteilt.

folgenden kurz mit Uv. bezeichnet) deutlichen, z. T. großen Einfluß auf die Bewegungsrichtung der Bienen wie auch anderer Gliederfüßer. Diese Wirkung beruht nach meinen Untersuchungen sehr wahrscheinlich auf einer Fluoreszenz des brechenden Apparates im Fazettenauge der Gliederfüßer, durch welche jene kurzwelligen Strahlungen in längerwellige verwandelt werden, die für uns vorwiegend grünlich sind und besonders große Helligkeitswirkung haben. Es war bisher nur bekannt, daß Uv. z. B. auf Ameisen und Krebse wirkt; es war aber nicht versucht worden, durch Messung eine Vorstellung von der Größe dieser Wirkung zu erhalten. Und doch sind solche messende Untersuchungen Voraussetzung für weiteres Eindringen in die wichtige Frage nach Art und biologischer Bedeutung jener merkwürdigen Wirkung des Uv. Ich habe zu dem Zwecke verschiedene Messungsmethoden, im wesentlichen nach folgendem Prinzip ausgearbeitet.

Die Jenaer Glaswerke stellen eine Glasart her, die die Eigenschaft besitzt, das Uv. fast ganz zurückzuhalten, während die sichtbaren Strahlen des Spektrums so gut wie ungehindert durchgelassen werden, dieses „Schwerstflintglas“ (im folgenden kurz Sfl. genannt) erscheint unserem Auge also annähernd so, wie gewöhnliches Fensterglas. Anderseits stellt man Glasarten her (Blauuviolglas), die sehr viel Uv. durchlassen, dagegen vom sichtbaren Spektrum nur etwas Blau und Violett, es erscheint uns tief dunkelblau. Ich habe früher gezeigt, daß die Bienen unter allen Umständen lebhaft nach der *hellsten* Stelle ihres Behälters laufen; diese Neigung zum Hellen benutze ich z. B. in der folgenden Weise zu genaueren Messungen: In einen 20 cm langen, 10 cm breiten, 8 cm hohen Behälter aus Spiegelglas bringe ich etwa 20—50 Bienen, indem ich ihn an einem warmen, sonnigen Tage einige Sekunden über das Flugloch eines Bienenstockes halte. Der Behälter wird dann rasch in eine tunnelartige Hülle aus schwarzem Papier so gebracht, daß seine vordere Schmalseite mit dem vorderen Tunnelende zusammenfällt; steht die Vorrichtung in der Nähe des Fensters, so sind die Bienen in wenigen Sekunden auf der Fensterseite gesammelt und laufen hier nach oben. Bedeckt man jetzt die linke Behälterhälfte mit einem gewöhnlichen grauen Glase, so laufen die Bienen augenblicklich nach rechts und umgekehrt. Bringe ich vor die eine Hälfte das Sfl., so gehen sie in wenigen Sekunden nach der anderen, uv.reicheren Seite, *auch dann noch, wenn diese durch Vorhalten eines Grauglases* oder mit anderen passenden optischen Hilfsmitteln *für uns wesentlich dunkeler gemacht wird, als die uv.arme.* Treiben wir die Verdunkelung der uv.reicheren Seite allmählich weiter, so gehen bei einem bestimmten Grade derselben die Bienen nicht mehr in diese Hälfte, sondern verteilen sich angenähert gleichmäßig in beiden Hälften; wird jetzt die Verdunkelung noch weiter getrieben, so bleiben sie hinter dem Sfl., also in der uv.ärmeren Hälfte. Mit geeigneten Verfahren läßt sich der Grad dieser Verdunkelung zahlenmäßig ausdrücken; ich konnte so z. B. feststellen, daß unter bestimmten Bedingungen an einem bewölkten Tage das durch Sfl. uv.arm gemachte Tageslicht auf die Bienen nicht anders wirkt als wie relativ uv.reiches Tageslicht, dessen Stärke für uns nur etwa $^1/_8$—$^1/_9$ des uv.armen ist und unserem Auge neben dem letzteren ziemlich dunkel grau erscheint! (Bei Versuchen mit dem besonders uv.reichen Lichte einer Quecksilberdampflampe konnte ich für Ameisen feststellen, daß das uv.reiche Licht auf sie ähnlich wirkt, wie ein uv.armes von der 200-fachen Stärke.) Diese Messungen geben uns zum ersten Male eine zahlenmäßige Vorstellung von dem erstaunlichen Einflusse des Uv. auf Bienen und andere Gliederfüßer; unsere Anschauungen über die Art ihres Sehens werden dadurch zu einem großen Teile auf ganz neue Grundlagen gestellt.

Verdecke ich eine Behälterhälfte mit dem für Uv. sehr durchlässigen Blauuviolglase, die andere mit dem farblosen Sfl., so gehen die immer zum Hellen eilenden Bienen nach dem für uns tief dunkelblauen Blauuviol. Dieser Befund leitet zu dem folgenden wichtigen Versuche über: Eine Behälterhälfte wird mit einem Blaukeile bedeckt, der alle Übergänge von dunklem zu hellem Blau zeigt, die andere mit einem Graukeile, der alle Übergänge von dunklem zu hellem Grau zeigt. Lege ich über letzteren eine Sfl.-Platte, so eilen alle Bienen sofort nach dem Blau und drängen sich hier in Scharen zusammen. Wer solche Versuche zum ersten Male sieht, könnte bei flüchtiger Beobachtung wohl zu der Vorstellung kommen, daß die Bienen einen Farbensinn für Blau haben müßten, da, ähnlich wie bei einem in der Zoologie viel erörterten „Dressurversuche“, die blaue Farbe das einzige ist, wodurch sich für *unser* Auge die eine Behälterhälfte von der anderen unterscheidet. Durch Verschieben der Sfl.-Platte von der einen auf die andere Seite, wie auch durch andere naheliegende Kontrollen überzeugt man sich aber bei meinem Versuche leicht, daß jener Blaubesuch der Bienen *nicht das geringste mit Farbensinn zu tun hat.*

Es ist mir gelungen, für alle diese höchst eindringlichen und überraschenden Versuche auch bei Ameisen und Krebsen so einfache Anordnungen zu finden, daß auch der Laie sie leicht wiederholen und sich selbst von der Fehlerhaftigkeit der zoologischen Darstellungen überzeugen kann; der Taubenschwanz (Macroglossa stellatarum), der kürzlich als farbentüchtig beschrieben wurde, erwies sich mir besonders geeignet, um auch bei Schmetterlingen einerseits totale Farbenblindheit, anderseits starke Ultraviolettwirkung nachzuweisen.

In weiteren Versuchen suchte ich festzustellen, welches die kleinsten Wellenlängen des Uv. sind, die auf Arthropoden noch nachweislich wirken. Ich fand

so die interessante Tatsache, daß die Bewegungsrichtung von Raupen und Krebsen noch deutlich beeinflußt wird durch Strahlen von ca. 313 μ, das sind solche, die schon von gewöhnlichem Fensterglase zurückgehalten werden!

III.

Aus den im II. Abschnitte mitgeteilten neuen Tatsachen ergibt sich eine Reihe neuer Gesichtspunkte für die Erörterung der eingangs aufgeworfenen Fragen. Besonders wichtig ist die Feststellung, daß es leicht gelingt, bei Sichtbarmachen von blauen und grauen Reizlichtern oder Flächen eine *Ansammlung von Bienen, Ameisen oder Krebsen im Blau herbeizuführen, die nachweislich unabhängig von einer Empfindung der blauen Farbe ist. Daraus folgt, daß aus einem Blaubesuche der Bienen bei jenen „Dressur"versuchen der Zoologen nicht auf Farbensinn geschlossen werden darf.* —

Ich konnte zeigen, daß zwei für den normalen Menschen genau gleich aussehende graue Flächen auf die Bienen sehr verschieden wirken können, wenn ihr Gehalt an Uv. sehr verschieden ist. Auch zwei Strahlgemische, die für uns sich nur durch ihre Farbe voneinander unterscheiden, können somit für das Bienenauge noch durch andere, *uns* nicht ohne weiteres wahrnehmbare Merkmale voneinander verschieden sein. Sahen wir doch, daß selbst das durch ein gewöhnliches Fensterglas gegangene Tageslicht, das sich von dem freien für unser Auge überhaupt nicht unterscheidet, auf viele Arthropoden merklich andere Helligkeitswirkung hat als letzteres.

Beim Menschen erkennen wir die totale Farbenblindheit daran, daß wir den Untersuchten eine Gleichung zwischen grauen und farbigen Flächen herstellen lassen oder ihn auffordern, ein z. B. blaues Papier, das ihm zwischen verschiedenen grauen sichtbar gemacht wird, herauszusuchen; denn für den Menschen unterscheidet sich dieses nur durch seine Farbe von den grauen. In der Zoologie glaubte man schließen zu dürfen, letzteres gelte auch für Bienen, und dieser Schluß vom Menschen- auf das Arthropodenauge war der Ausgangspunkt für jene Bemühungen, Bienen auf gewisse Farben zu „dressieren" und so Aufschluß über Farbenempfindungen zu erhalten, die man immer wieder bei ihnen voraussetzen zu müssen meinte. Mit dem Nachweise der Irrigkeit auch dieses Analogieschlusses ist jenen Dressurverfahren der Boden entzogen und allgemein gezeigt, daß eine Erforschung der Sehqualitäten der Bienen auf *diesem* Wege unmöglich ist. —

Immer wieder mußten wir bei Erörterung einschlägiger Fragen darauf hinweisen, daß auch für Farbensinnuntersuchungen bei Tieren in erster Linie die homogenen Lichter des *Spektrums* heranzuziehen sind, und gerade unsere neuen Befunde zeigen abermals eindringlich, wie notwendig diese Forderung ist. Will man mit *Strahlgemischen* arbeiten, so muß man nach dem Mitgeteilten Sorge tragen, daß das Ultraviolett nicht störend in Betracht komme. Dann aber überzeugt man sich mit den früher und den neuerdings von mir entwickelten Methoden leicht, daß auch *die Biene ebenso wie alle bisher untersuchten Gliederfüßer total farbenblind* und die herrschende Lehre von der Bedeutung der bunten Blütenfarben wie auch der Schmuckfarben bei Schmetterlingen und Krebsen, überhaupt bei Wirbellosen, nicht mehr zu halten ist.

Über die Wirkung von Arzneigemischen.

Von W. Storm van Leeuwen, Leiden.

Der Gebrauch von Gemischen von Arzneimitteln ist ebenso alt, wie die Arzneikunde selbst. Von jeher haben die Ärzte getrachtet, durch geschickte Kombinationen von Arzneimitteln einen besseren Effekt zu bekommen, als mit dem einzelnen Arzneimittel allein. Daß es nun trotzdem der Mühe wert ist, einen Artikel über Gemische von Arzneimitteln zu schreiben, daran ist in erster Reihe das schuld, daß durch die Untersuchungen, die *Bürgi* vor etwa 10 Jahren publizierte, die Aufmerksamkeit auf diese Frage neuerdings gerichtet wurde. *Bürgi* zeigte nämlich, daß in gewissen Fällen die Wirkung eines Arzneigemisches eine andere, meistens eine stärkere sein kann, als man auf Grund der Wirkung der einzelnen zusammenstellenden Teile erwarten würde; durch die Erkennung dieser Möglichkeit wurde ein neues Prinzip eingeführt. Allerdings war auch dieses Prinzip nicht ganz neu, denn bereits früher haben Ärzte an diese Möglichkeit gedacht, wenn sie eine sehr komplizierte Mischung von Arzneimitteln angewendet haben, um die Wirkung irgend eines anderen Arzneimittels zu verstärken, allerdings ohne experimentelle Grundlage. So haben bereits vor *Bürgi* u. a. *Krakow* und *Honigmann* in dieser Richtung gearbeitet. Aber *Bürgi* kommt das Verdienst zu, daß er ganz besonders die Aufmerksamkeit auf diese Erscheinungen gelenkt und eine große Anzahl von experimenteller Arbeit in dieser Richtung geleistet hat.

Nachdem *Bürgis* Untersuchungen bekannt geworden sind, haben sich noch viele andere mit dieser Frage beschäftigt, und von vielen Seiten hat man über Fälle berichtet, in welchen durch eine Mischung von Arzneimitteln eine — wie *Bürgi* es nannte — Potenzierung auftreten sollte. Unter Potenzierung muß das Folgende verstanden werden: Wenn z. B., um eine gewisse Wirkung eines Arzneimittels zu bekommen, die Quantität A nötig ist und von einem anderen Arzneimittel, um dieselbe Wirkung zu bekommen, die Quantität B, dann muß, wenn Potenzierung der beiden vorhanden ist, ein Gemisch von $\frac{1}{2}A + \frac{1}{2}B$ eine stärkere Wirkung haben, als A und B für sich allein.

Es soll gleich hier bemerkt werden, daß nicht

in allen Fällen, in welchen nach *Bürgi* eine Potenzierung bestehen soll, sie auch tatsächlich vorhanden ist. Und auch das Gesetz von *Bürgi* über die Potenzierung kann heute nicht mehr in vollem Umfang angenommen werden. Aber das ändert nichts daran, daß besonders durch *Bürgis* Untersuchungen die Frage von der Potenzierung von so großer aktueller Bedeutung geworden ist, daß eine besondere Besprechung davon einen Zweck hat.

Die Literatur dieser Frage hat bereits einen großen Umfang angenommen, so daß es fast nicht möglich und zum Teil auch nicht nötig ist, alle die Fälle von Potenzierung anzuführen. Es sollen deshalb hier in erster Reihe Beispiele von Fällen, in welchen Potenzierung vorkommt, mitgeteilt werden, und zweitens von solchen Fällen, in welchen nach einigen Untersuchern eine Potenzierung angenommen werden muß, während nachträgliche Untersuchungen das nicht bestätigen konnten. Dann soll einiges über die Theorie des Synergismus der Arzneimittel mitgeteilt werden und zum Schluß soll noch die Frage besprochen werden, welche Bedeutung diese ganze Sache für die Praxis hat.

1. Potenzierung von Arzneiwirkungen.

Die ersten Untersuchungen über die Frage der Potenzierung wurden fast alle mit Narkotika gemacht. Wenn man nun ein gutes Beispiel der Potenzierung geben will, dann eignen sich diese ersten Untersuchungen recht wenig dazu. Das kommt daher, daß man bei einer Untersuchung der Wirkung von Narkotika auf die große Schwierigkeit stößt, daß die Intensität der Wirkung dieser Arzneimittel besonders in den ersten Untersuchungen sehr schwierig zu beurteilen war. Man konnte nämlich damals noch nicht die Tiefe der Narkose in Zahlen ausdrücken und deshalb war es meistens überhaupt nicht möglich, das Bestehen oder Nichtbestehen einer Potenzierung mit Sicherheit zu beweisen. Wenn man also nun einige frappante Beispiele für Potenzierung anführen will, so ist es besser, aus der neueren Literatur zu schöpfen.

Einer der Fälle, in welchem die Wirkung eines Giftes mit Sicherheit und konstant durch die Wirkung eines anderen Giftes verstärkt wird, ist die Verstärkung der Adrenalinwirkung durch Cocain.

1910 teilten *Fröhlich* und *Loewi* (1) mit, daß die Wirkung, welche Adrenalin auf die Blutgefäße, auf die isolierte Blase und auf das Auge hat, durch Cocain verstärkt werden kann. In diesem Fall kann die Verstärkung der Wirkung mit einem genau quantitativen Versuch demonstriert werden. Der Einfluß von Adrenalin kann nämlich auf folgende Weise gezeigt werden. Wenn man das Organ eines Tieres, z. B. die Hinterbeine eines Frosches, mit Ringer- oder Tyrode-Lösung durchströmt und dann die Quantität der Flüssigkeit, die in einer gewissen Zeit die Füße durchströmt, mißt, dann wird, wenn zur Durchströmungsflüssigkeit ein Stoff hinzugefügt wird, der die Gefäße verengert (oder erweitert), die Menge der Flüssigkeit, die ausströmt, sich vermindern (bzw. vermehren). Umgekehrt kann, wenn man bei einem unbekannten Gift die Quantität der Flüssigkeit, die innerhalb derselben Zeit, wenn alle anderen Faktoren gleichbleiben, durch das Organ fließt, bestimmt, diese ein Maß für die Wirkung des Giftes geben. Fügt man nun z. B. in einen Adrenalinversuch zu der Durchströmungsflüssigkeit außer Adrenalin noch Cocain zu, dann wird in diesem Fall die Wirkung des Adrenalins viel stärker sein, als sie allein war. Andererseits gibt Cocain allein keine, oder nur geringe Verengerung der Gefäße oder sogar eine Erweiterung. In diesem Fall ist gar kein Zweifel daran möglich, daß die Wirkung des Adrenalins durch das Cocain verstärkt wurde.

Ähnliches fanden *Kraus* und *Friedenthal* (2) für die Kombination von Adrenalin und Thyreoidin. Sie untersuchten die Wirkung von Adrenalin, Thyreoidin und von Gemischen der beiden Stoffe auf den Blutdruck. Spritzt man einem Tier Adrenalin in eine Vene, so wird dadurch gewöhnlich der Blutdruck gesteigert. Spritzt man nun einigemal nacheinander dieselbe Quantität Adrenalin ein, dann wird man regelmäßig dieselbe Steigerung des Blutdrucks erhalten. Hat man auf diese Weise eine Adrenalindosis gefunden, welche regelmäßig eine mittelmäßige Blutdrucksteigerung verursacht und spritzt man dann mit derselben Dosis Adrenalin eine kleine Quantität Schilddrüsenextrakt ein, dann ist die darauf folgende Blutdrucksteigerung größer, als die vorige; ja selbst, wenn man nachher Adrenalin allein einspritzt, tritt nun erhöhte Blutdrucksteigerung ein. Also auch hier haben wir es mit einem Fall zu tun, in welchem eine Potenzierung mit Sicherheit festgestellt werden kann. Jedoch muß erwähnt werden, daß, trotzdem man diese Potenzierung in vielen Fällen absolut sicher hervorrufen kann, die Erscheinung doch nicht ganz konstant ist. (*Storm v. Leeuwen* (3).

Mit vollständiger Sicherheit kann das Bestehen einer Potenzierung bewiesen werden beim Gebrauch von Gemischen von Nikotin und Lobelin, wenn man die Wirkung dieses Gemisches auf den Blutdruck bei der dekapitierten Katze untersucht (*Storm van Leeuwen* und *de Lind van Wyngaarden* (4). Spritzt man einem Tier Nikotin ein, dann kann eine Blutdrucksteigerung eintreten durch die verengernde Wirkung des Nikotins auf die Blutgefäße und andererseits kann auch eine Blutdrucksenkung eintreten durch die Wirkung des Nikotins aufs Herz. Die letztere Wirkung kann aufgehoben werden, wenn man zuvor Atropin gibt. Untersucht man nun die Wirkung von Nikotin auf ein zuvor dekapitiertes Tier, bei welchem also das Zentralnervensystem ausgeschaltet ist, und hat man diesem Tier außerdem noch Atropin gegeben, sodaß die negative Wirkung des Nikotins auf das Herz ausgeschaltet

ist, dann kann man auch sicher sein, daß man als Folge einer Nikotineinspritzung eine Steigerung des Blutdruckes erhält. Hat man nun einigemal hintereinander dieselbe Menge Nikotin gegeben und als Folge davon stets eine Blutdrucksteigerung von etwa 30 mm bekommen, dann erhält man eine viel größere, bis zu 40-, 50- oder 60-fach größere Steigerung, wenn man zuerst Lobelin und erst nach diesem Nikotin einspritzt. Das Resultat ist so konstant, daß man es als Vorlesungsversuch benützen kann. In diesem Versuch zeigt sich aber noch eine Merkwürdigkeit. Die Wirkung des Lobelins ist in vieler Hinsicht ähnlich der des Nikotins. Spritzt man nämlich einem Tier erst einigemal eine bestimmte Quantität Nikotin ein (z. B. 0,1 mg) und gibt man danach dieselbe Quantität Lobelin (also auch 0,1 mg), dann bekommt man meistens eine Blutdrucksteigerung, welche genau so groß ist, als die vorher durch das Nikotin verursacht war. Gibt man danach die Hälfte der Dosis Nikotin und die Hälfte der Dosis Lobelin, dann bekommt man einen größeren Effekt als vorher das Lobelin und Nikotin gegeben hat (Fig. 1). In diesem

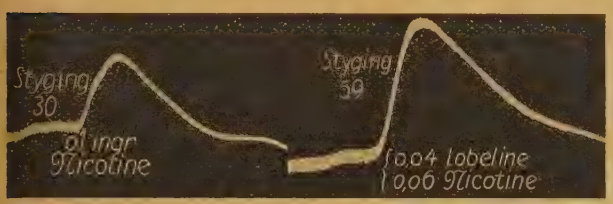


Fig. 1. Dekapitierte Katze (Atropin injiziert) Blutdruck 0,1 mgr Nikotin intravenös gibt Blutdrucksteigerung von 30 mm Stg. 0,1 mgr Lobelin hat kurz zuvor auch eine Steigerung von 30 mm Stg. gegeben; 0,04 mgr Lobelin und 0,06 mgr Nikotin gibt oben eine Steigerung von 59 mm Stg.

Fall ist also der oben aufgestellten Regel, daß $\frac{1}{2}A + \frac{1}{2}B$ eine größere Wirkung haben muß, als A und B allein, Genüge getan. In diesem Fall — und dasselbe gilt für einige andere Fälle — äußert sich die Potenzierung in zweierlei Weise. An erster Stelle erhält man eine Potenzierung, wenn man die beiden Gifte gleichzeitig einspritzt und zweitens bleibt eine Überempfindlichkeit für eins der beiden Gifte bestehen (in diesem Fall das Nikotin), nachdem die sichtbare Wirkung des potenzierenden Giftes (in diesem Fall das Lobelin) schon längst abgeklungen ist.

Einen merkwürdigen Fall von Potenzierung fand *Takahashi* (5). Er machte Versuche über die stopfende Wirkung der verschiedenen Opiumalkaloide, indem er ihre Wirkung auf experimentell hervorgerufene Diarrhoe an Katzen prüfte. Er zeigte, daß die stopfende Wirkung des Morphins sehr bedeutend verstärkt werden kann durch Codein, so stark, daß man mit $^1/_4$ der kleinsten wirksamen Dosis Morphin und $^1/_{40}$ bis $^1/_{400}$ Quantität Codein noch die volle stopfende Wirkung bekommen kann.

Auf einem ganz anderen Gebiet liegen die Untersuchungen, die *Macht* (6) über diese Frage ausführte. *Macht* fand nämlich eine Potenzierung der narkotischen Wirkung von verschiedenen Opiumalkaloiden. Über diese Frage war bereits früher außerordentlich viel gearbeitet worden. Manche Untersucher hatten bei Kombinationen der Opiumalkaloide eine Potenzierung gefunden, andere aber nicht. Die Untersuchung von *Macht* hat den Vorzug, daß erstens für die Wirkung der Opiumalkaloide ein leicht in Zahlen ausdrückbares Kriterium gebraucht wird, und daß zweitens diese Untersuchungen an Menschen ausgeführt wurden, und außerdem solche Dosen gebraucht wurden, wie sie etwa in der Therapie angewendet werden. Dadurch bekommt diese Untersuchung auch noch eine besondere praktische Bedeutung. *Macht* benutzte die folgende Methode. Bei einer Anzahl gesunder Menschen wurde bestimmt, welche Stromstärke bei faradischer Reizung einer gewissen Stelle der Haut oder Lippe angewendet werden muß, um gerade eine Schmerzempfindung zu verursachen. Es zeigte sich, daß die gefundenen Werte bei verschiedenen Personen stark differieren, aber bei ein und demselben Individuum zu verschiedenen Zeiten des Tages und an verschiedenen Tagen ganz konstant sind. War nun bei einer Person eine Anzahl normaler Werte gefunden, dann wurde ihr Morphin, Codein, Papaverin oder eines der anderen Opiumalkaloide eingespritzt, ohne daß die Versuchsperson wußte, welcher Stoff es war (zur Kontrolle wurden auch Injektionen mit gewöhnlicher physiologischer Kochsalzlösung gemacht). Dann wurde der Einfluß dieser Gifte auf die Schmerzempfindung bei der faradischen Reizung geprüft. Er fand, daß die Wirkung von Morphin sehr bedeutend verstärkt wird durch die Zufügung von anderen Opiumalkaloiden, z. B. Narkotin oder Papaverin, in so geringer Quantität, welche an sich eine sehr kleine Wirkung auf den Menschen haben. So fand er z. B., daß 10 mg Morphin eine deutliche Verminderung der Schmerzempfindlichkeit für den elektrischen Strom hat, während 5 mg das noch nicht tun; 10 mg Pantopon, das 5 mg Morphin enthält und von den übrigen Opiumalkaloiden sehr kleine Mengen, gibt aber bereits eine deutliche Verminderung der Schmerzempfindlichkeit. Sehr auffallend war auch die potenzierende Wirkung bei einem Morphin-Narkotin-Gemisch, dem sogenannten Narkophin, das zu einem Drittel aus Narkotin, zu einem Drittel aus Morphin und zu einem Drittel aus Mekonsäure besteht. 20 mg dieser Mischung, die also ungefähr 6 mg Morphin und 6 mg Narkotin enthält, gibt eine außerordentlich viel stärkere Wirkung, als die von 10 mg Morphin oder von 10 mg Narkotin allein. Und selbst 5 mg Narkotin haben eine noch sehr ausgesprochene anal-

getische Wirkung, trotzdem 5 mg Morphin und 5 mg Narkophin jedes für sich allein in dieser Hinsicht ganz unwirksam sind.

Wie ich schon erwähnt habe, haben auch andere bei Gemischen von Opiumalkaloiden Potenzierungen gefunden, u. a. *Straub* (7) und *Caesar* (8), als sie die tödliche Dosis für Mäuse bestimmten, und dasselbe fand auch *v. Issekutz* (9), aber diese Untersuchungen werden durch andere, z. B. *Meißner* (10), bestritten.

In den hier erwähnten Fällen kann mit großer Sicherheit das Bestehen einer Potenzierung bewiesen werden und sicher können diese Fälle, in welchen ohne Zweifel eine Potenzierung vorhanden ist, noch mit manchen anderen ergänzt werden. Aber daneben steht noch eine große Anzahl von Fällen, in welchen durch manche Untersucher eine Potenzierung, sogar eine sehr bedeutende, gefunden ist, während spätere Untersucher nicht bestätigen konnten, daß eine solche Potenzierung besteht oder wenigstens nicht, daß sie konstant ist. In diesem Zusammenhang muß vor allem die Kombination Chloroform-Äther genannt werden.

2. Addition und Schwächung von Arzneiwirkungen.

Oben ist bereits erwähnt, daß noch, ehe *Bürgi* seine Untersuchungen über Potenzierung mitteilte, bereits von anderer Seite derartige Untersuchungen gemacht worden waren und auch Fälle von Potenzierung gefunden wurden; nur hatte man der Erscheinung diesen Namen noch nicht gegeben. So war z. B. auch die Wirkung des Gemisches Chloroform-Äther bereits viele Jahre vorher untersucht worden.

Bei diesen Untersuchungen über Mischnarkose mit Äther und Chloroform war man ursprünglich ausgegangen von dem Gedanken, daß, nachdem angeblich der Äther besonders eine nachteilige Wirkung auf die Lunge und Chloroform besonders eine nachteilige Wirkung auf das Herz hat, mit einer Kombination von diesen beiden Stoffen eine weniger gefährliche Narkose erreicht werden kann. Diese Vorstellung ist ursprünglich die Ursache gewesen, daß man das Gemisch Äther-Chloroform so vielfach gebraucht hat. Dazu kam dann später noch die Auffassung, daß die Mischung Chloroform-Äther besonders deshalb nützlich sein soll, weil diese Stoffe gegenseitig ihre narkotische Wirkung sehr bedeutend verstärken sollen. Die erste experimentelle Untersuchung hierüber hat *Honigmann* (11) ausgeführt. Er prüfte die narkotische Wirkung von Äther und Chloroform auf Kaninchen und glaubte gefunden zu haben, daß diese Narkotika ihre Wirkung gegenseitig sehr bedeutend verstärken können. Er bekam eine vollständige Narkose mit einem Gemisch von ⅓ des sonst nötigen Choroforms und 1/7,2 der sonst nötigen Quantität Äther und in manchen Fällen war sogar $^1/_{10}$ des Chloroforms und $^1/_{17}$ der sonst nötigen Ätherdosis genügend. Schon bei oberflächlicher Beurteilung muß man da zu der Überzeugung kommen, daß diese Versuche unmöglich richtig sein konnten, denn wenn Äther und Chloroform ihre Wirkung so sehr verstärken würden, so könnte man eine Mischung von diesen beiden Stoffen überhaupt nicht als Narkotikum brauchen, weil sie dann viel zu gefährlich wäre. Trotzdem sind *Honigmanns* Auffassungen lange Zeit angenommen worden, obwohl auch manche Kritik laut wurde. *Kionka* und *Krönig* (12) hatten allerdings auch eine Potenzierung von Äther und Chloroform gefunden, aber diese Potenzierung war viel geringer als bei *Honigmann*. Andere, z. B. *Madelung* (13), *Overton* (14) und *Bürgi* fanden bei diesen Stoffen keine Potenzierung, während auch *Kochmann* und seine Schüler, die sehr exakte Untersuchungen machten, als Regel keine Potenzierung fanden und nur ganz ausnahmsweise eine geringe Verstärkung. Endgültig konnte diese Frage gelöst werden, als es dank der Untersuchungen von *Sherrington* möglich wurde, sichere Kriteria für die Chloroform- und Äthernarkose zu bekommen. Oben ist bereits erwähnt, daß gerade bei der Wirkung von Narkotika und deren Gemischen es schwer möglich ist, die Tiefe der Narkose in Zahlen auszudrücken. Wie diese Schwierigkeit überwunden werden kann, wenn man eine komplizierte Technik gebraucht, soll hier in Kürze beschrieben werden.

Sherrington (16) hat gezeigt, daß man durch einen einfachen experimentellen Eingriff an Tieren, nämlich durch die Entfernung des Gehirns, das sogenannte Dezerebrieren, oder durch die Entfernung des Kopfes, das Dekapitieren, Präparate bekommen kann, die kein Zeichen von Shock zeigen, lebhafte Reflexe haben und die man, wenn man für künstliche Atmung und Erwärmung sorgt, stundenlang am Leben halten kann. In Anbetracht dessen, daß der Reflex eine der fundamentalsten Funktionen des Zentralnervensystems ist, lag es auf der Hand, die Wirkung von Narkotika auf die Reflexe quantitativ zu studieren. Man kann nämlich die Reflexe leicht graphisch registrieren und dann beobachten, wie stark sie sich nach Zufügung eines Narkotikums vermindern und auf diese Weise die Wirkungen einer bestimmten Dosis des Narkotikums in Zahlen ausdrücken. So kann z. B. angegeben werden, daß bei einem bestimmten Prozent Chloroform im Blut der homolaterale Beugereflex oder der gekreuzte Streckreflex bei der dezerebrierten Katze um 50 bis 60 % vermindert ist. Hat man auf diese Weise als Mittel von mehreren Versuchen einen sicheren Wert für ein Narkotikum *A* und für ein Narkotikum *B* gefunden, dann kann man auf genau quantitative Weise untersuchen, welchen Einfluß verschiedene Kombinationen dieser Narkotika haben. Auf diese Weise sind eine Anzahl von Kombinationen untersucht worden. Als Beispiel sei hier eine Untersuchung über die Kombination Äther und Magnesiumsulfat von

Le Heux (17) erwähnt. In dieser Untersuchungsreihe wurde der Einfluß von Narkotika auf den homolateralen Beugereflex bei dezerebrierten Katzen geprüft. Dieser Reflex wird durch Reizung des Nervus peroneus desselben Fußes ausgelöst, dessen Bewegung dann registriert wird. In Anbetracht der Bedeutung dieser Versuche und um sie so genau als möglich zu machen, wurde dabei nicht der Reflex des ganzen Beines registriert, sondern es wurde davon ein sogenanntes Rectus-femoris-Präparat nach *Sherrington* gemacht, so daß nur die reflektorischen Kontraktionen des M. rectus femoris aufgezeichnet wurden.

In allen diesen Versuchen wurde, nachdem längere Zeit hindurch Reflexe von konstanter Größe registriert waren, das Narkotikum gegeben. Der Äther wurde mit der Einatmungsluft zugeführt, dagegen Magnesiumsulfat und andere nicht-flüchtige Narkotika wurden intravenös gegeben. Die Narkose wurde dabei nach und nach tiefer gemacht, so lange, bis der Reflex gerade noch bemerkt werden konnte. Es ist klar, daß auf diese Weise ein scharfes Kriterium gefunden werden kann. Wurde diese Tiefe der Narkose erreicht, dann wurde für die nicht-flüchtigen Narkotika notiert, wieviel pro kg Tier eingespritzt war und bei den flüchtigen Narkotika wurde rasch die Trachea des Tieres abgeklemmt, Blut aus der Karotis entnommen und mit chemischen Methoden der Äthergehalt dieses Blutes bestimmt. Als Mittel von 10 Versuchen von *Le Heux* wurde gefunden, daß die reflektorische Kontraktion des Musculus rectus femoris der dezerebrierten Katze gerade aufgehoben wird bei einem Gehalt an Äther im Blut von 0,0958 %. Für die Sicherheit der hier beschriebenen Methode spricht, daß dieser Wert vollständig übereinstimmt mit dem, welchen ich mit einer etwas anderen Technik bereits früher bei dekapitierten Katzen gefunden hatte (18). Um dieselbe Tiefe der Narkose mit Magnesiumsulfat zu erreichen, war es nötig, als Mittel von 8 Versuchen 2,03 ccm einer 10-proz. Magnesiumsulfat-(7 aq) Lösung zu geben pro kg Tier. In elf anderen Versuchen wurde nun Äther + Magnesiumsulfat gegeben, wobei sich zeigte, daß bei dieser Kombination nicht weniger, sondern 25 % mehr Narkotikum nötig war, als der Wirkung der beiden Komponenten entsprach. In einem solchen Versuch wurde z. B. im Blut 0,054 % Äther, d. h. 54 % des Normalwertes gefunden, während 1,33 ccm Magnesiumsulfat nötig war, d. h. 66 % von dem Normalwert für Magnesiumsulfat, zusammen also 120 %. In einem anderen Versuch war nötig 0,079 % Äther, d. h. 79 % des Normalwertes, während dabei gebraucht wurde 0,41 ccm Magnesiumsulfat, d. h. 20 % des Normalwertes, zusammen 99 %. In einem einzigen Versuch wurde eine Summe von 79 % gefunden, während der höchste gefundene Wert 156 % war. Wie erwähnt, war der Mittelwert 125 %, also 25 % höher als erwartet werden sollte. Es war also hier sicher keine Rede von Potenzierung, sondern die Wirkung des einen Narkotikums addierte sich an die des anderen, wobei sogar meistens etwas von der Wirkung verloren ging. Dieses Resultat von *Le Heux* war deshalb von Bedeutung, weil *Meltzer* und *Auer* (19) kurz zuvor Mitteilungen gemacht hatten, aus welchen man die Folgerungen ziehen konnte, daß bei der Kombination Äther-Magnesiumsulfat eine Potenzierung auftritt. *Meltzer* hatte nämlich mitgeteilt, daß nach einer kleinen Dosis Magnesiumsulfat bereits mit ¼ bis $^1/_{10}$ der normalen Ätherdosis eine Narkose zu bekommen ist. Es ist hier nicht ganz klar, ob *Meltzer* in der Tat angeben wollte, daß hier eine Potenzierung stattfindet oder daß er an eine einfache Addition dachte, aber aus seiner Arbeit ist jedenfalls die Folgerung gezogen worden, daß eine Potenzierung auftrat, und diese Folgerung ist, wie aus der Arbeit von *Le Heux* hervorgeht, nicht richtig. Mit derselben Methode untersuchte *Le Heux* auch Kombinationen von anderen Arzneimitteln, u. a. Magnesiumsulfat-Chloralhydrat und Magnesiumsulfat-Urethan. Bei beiden Kombinationen fand er keine Spur von Potenzierung, trotzdem *Mansfeld* (20) in beiden Fällen eine deutliche Potenzierung angegeben hatte. *Le Heux* hat in seiner Mitteilung gezeigt, wie man es erklären kann, auf welche Weise *Mansfeld* zu dieser falschen Konklusion gekommen war.

Mit derselben Methode, welche *Le Heux* gebrauchte, hatte ich bereits vorher die Kombination Äther-Chloroform untersucht (21) und dabei hatte sich gezeigt, daß auch bei dieser Kombination keine Potenzierung besteht und in den meisten Fällen sogar die Wirkung noch etwas geringer wird. In dieser Untersuchung hatte ich den Einfluß der Narkotika auf den homolateralen Beugereflex bei narkotisierten Hunden und Katzen untersucht und ferner auf das Atemzentrum von jungen Hunden. Diese letztere Untersuchung war deshalb von Bedeutung, weil das Kriterium dabei sehr scharf ist und weil die Beobachtungen an verschiedenen Tieren untereinander so wenig abwichen, daß diese Untersuchung wohl die genaueste der ganzen Serie ist. Auch dabei zeigte sich mit großer Sicherheit, daß keine Potenzierung stattfindet, sondern daß im Gegenteil von der Kombination immer *mehr* nötig ist, als man erwarten konnte.

Mit der beschriebenen Reflexmethode wurde später noch durch Frl. *v. d. Made* und mich (22) die Kombination Morphin-Skopolamin untersucht. Hierbei wurde der homolaterale Beugereflex bei dezerebrierten Kaninchen beobachtet und es mußten, weil nach der Injektion von Morphin und Skopolamin bei Kaninchen die Wirkung oft erst nach 20—30 Minuten auftritt, ganz besondere Maßregeln getroffen werden, um zu umgehen, daß während dieser langen Beobachtungszeit die Reflexe bereits spontan niedriger

werden. Diese besonderen Einrichtungen, die hierzu nötig waren, sind in der zitierten Arbeit ausführlich beschrieben. Auch in diesem Fall war absolut keine Potenzierung zu bemerken. Nachdem aber ein Schüler von *Bürgi*, *Hauckold* (23) mit einer anderen Methode bei Kaninchen doch eine Potenzierung der Kombination Morphin-Urethan gefunden hatte, haben wir diese Versuche mit seiner eigenen Methode wiederholt, wobei wir u. a. auch dieselben Dosen gebrauchten, wie er.

Hauckold hat die verschiedenen Gifte bei seinen Versuchstieren subkutan eingespritzt und dann nicht den Einfluß auf bestimmte Reflexe untersucht, sondern den allgemein-narkotischen Zustand der Tiere. Wir sind also, wie erwähnt, in einer besonderen Versuchsreihe seinem Vorbild gefolgt, haben aber — da es sehr schwierig ist, bei Kaninchen die Tiefe der Narkose zu beurteilen — immer gleichzeitig 15—20 Kaninchen mit verschiedenen Dosen und Kombinationen eingespritzt. Ein Teil der Tiere bekam nur Morphin, ein anderer nur Skopolamin und ein dritter Teil bekam Morphin + Skopolamin. Jede Viertelstunde wurden alle Tiere untersucht und das Resultat notiert. Der Beobachter wußte nicht, welche Dosen und welches Gift jedes Tier bekommen hat. Erst am Ende des ganzen Versuches wurde das Resultat der Untersuchung beurteilt, wobei sich zeigte, daß auch auf diese Weise von einer Potenzierung keine Rede sein kann. Also auch wenn man *Hauckolds* Technik folgt und die durch ihn benützten Dosen gebraucht, konnten wir seine Resultate nicht bestätigen. Auch an einer Versuchsreihe bei Hunden, auf dieselbe Weise ausgeführt, erhielten wir ein negatives Resultat.

Außer den erwähnten Kombinationen haben wir auch noch die Kombinationen Morphin-Urethan und Tinctura opii-Urethan untersucht. Es war wichtig, diese Untersuchungen zu machen, weil die erstere Kombination durch *Bürgis* Schüler *Lindemann* (24) und *Hammerschmidt* (25) und für die Kombination Tinctura opii-Urethan durch *Chassia Rappoport* (26) auch eine Potenzierung gefunden war. Wir machten unsere Untersuchungen auf die oben beschriebene Weise an Kaninchen und gebrauchten dieselben Dosen wie *Bürgis* Schüler, hatten aber in allen Fällen ein vollständig negatives Resultat.

Diese Fälle also, in welchen nach den Literaturangaben eine starke Potenzierung besteht, dagegen wenn man so exakt als möglich Versuche macht, keine Potenzierung gefunden wird, habe ich deshalb hier erwähnt, weil damit eine bereits früher von mir geäußerte Auffassung demonstriert wird (27), daß beim Genauerwerden der Versuchsmethodik immer mehr Fälle von Potenzierung verschwinden. Übrigens will ich wieder hervorheben, daß meiner Ansicht nach in manchen Fällen eine Potenzierung allerdings bewiesen ist (siehe oben).

3. Die Theorie der Potenzierung.

Nachdem es mit Sicherheit angenommen werden kann, daß die Erscheinung der Potenzierung tatsächlich besteht, kann nun weiter untersucht werden, ob eine Erklärung für diese Erscheinung möglich ist. *Bürgi* hat, nachdem er seine ersten Untersuchungen über diesen Gegenstand mitgeteilt hatte, ein sogenanntes Gesetz der Potenzierung aufgestellt. Dieses Gesetz ist nicht immer auf dieselbe Weise durch ihn formuliert worden; in seiner Rektoratsrede (28) (1914) äußert er sich folgendermaßen: „Arzneien der gleichen Reihe, die denselben pharmakologischen Angriffspunkt haben, addieren bei Kombination ihre Wirkungen. Arzneien der gleichen Reihe, die verschiedene pharmakologische Angriffspunkte besitzen, zeigen dagegen bei Kombination einen potenzierten Gesamteffekt."

Dieses Gesetz kann sicher nicht ganz richtig sein. Denn bei der Kombination Nikotin-Lobelin besteht eine Potenzierung, während diese beiden Gifte sicher zu derselben Gruppe gehören und sehr wahrscheinlich auch denselben Angriffspunkt haben. Daß die Kombination Morphin-Codein in gewissen Fällen Potenzierung gibt, während unbezweifelt diese Stoffe zu derselben Gruppe gehören, und daß schließlich die Kombination Morphin-Urethan und Opium-Urethan keine Potenzierung gibt, während diese Stoffe sicher in verschiedenen Gruppen gehören, spricht auch dagegen.

a) Die Konzentrations-Wirkungskurve.

Ich glaube, daß man in manchen Fällen ein klares Bild über die Verhältnisse bekommen kann, die bei dem Gebrauch von Arzneigemischen bestehen, wenn man das eigenartige Verhältnis in Betracht zieht, das zwischen der Konzentration, in welcher verschiedene Gifte anwesend sind (Dosis pro kg Tier), und der Wirkung, die diese Gifte haben, besteht. Dieses Verhältnis ist nämlich nicht bei allen Giften dasselbe. Aus unseren Untersuchungen geht hervor, daß man im wesentlichen zwei Hauptformen unterscheiden kann (Typus I und II), die in Fig. 2 und 3 dargestellt sind. Besteht ein Verhältnis wie in Fig. 2 (Typus I), dann wird immer, wenn die Dosis oder Konzentration um einen bestimmten Betrag, z. B. 50 %, erhöht wird, auch die Wirkung um denselben Betrag, also wieder um 50 %, wachsen.

Sind die Verhältnisse aber so, wie in Fig. 3 (Typus II), dann gibt es immer eine Zone, in welcher kleine Veränderungen in der Konzentration einen großen Unterschied in der Wirkung geben, und dann kommt eine Zone, in welcher große Unterschiede der Konzentration nur sehr geringe Unterschiede der Wirkung verursachen. Es sei hier gleich bemerkt, daß ein Verhalten wie in Fig. 2 durch uns bei verschiedenen Narkotika gefunden wurde, die lipoidlöslich sind, so bei Äther, Chloralhydrat, Urethan usw., und

auch bei Magnesiumsulfat. Ein Verhalten, wie in Fig. 3, wurde von uns gefunden bei der Wirkung von Alkaloiden sowie Pilokarpin, Physostigmin, Morphin und anderen basischen Giften wie Adrenalin, Pituitrin, Histamin. In Fig. 4 wird ein Beispiel gegeben für eine Konzentrationswirkungskurve von Chloralhydrat und in Fig. 5 von einer K-W-Kurve von Histamin.

Wenn nun auf ein Tier oder auf ein überlebendes Organ gleichzeitig zwei verschiedene

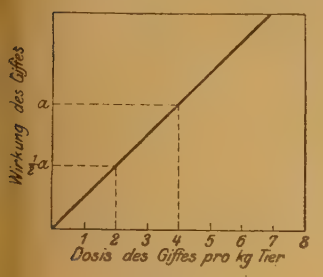


Fig. 2

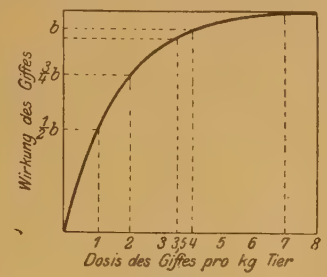


Fig. 3.

Die zwei Hauptformen der Konzentrationswirkung-Kurve, d. h der Abhängigkeit der Giftwirkung (Ordinate) von der Giftkonzentration (Abszisse).

K-W-Kurve vom Typus I — K-W-Kurve vom Typus II

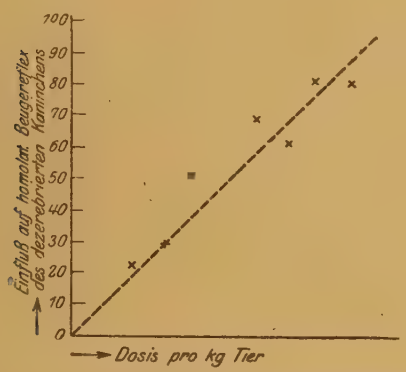


Fig. 4. K-W-Kurve von Chloralhydrat.

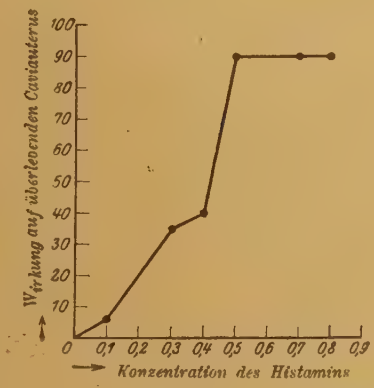


Fig. 5. K-W-Kurve von Histamin.

Gifte wirken, dann wird natürlich der Verlauf der Konzentrationswirkungskurve der beiden Gifte von großem Einfluß sein auf die Wirkung, welche die Kombination haben wird.

Man kann dabei drei Fälle unterscheiden:

A. Beide Gifte haben eine K-W-Kurve des Typus I.

B. Beide Gifte haben eine K-W-Kurve Typus II.

B. Beide Gifte haben eine K-W-Kurve des Typus I und das andere des Typus II.

Ad A. In diesem Fall ist keine Potenzierung zu erwarten, denn in jeder Zone der K-W-Kurve wird sich die Wirkung des einen Giftes einfach additiv zur Wirkung des zweiten hinzufügen. Tatsächlich findet man bei Versuchen über Kombinationen von diesen Giften eine reine Addition der Wirkung, so z. B. bei der Kombination Äther-Chloroform, Urethan-Magnesiumsulfat usw. In diesem Fall kommen wir also zu derselben Auffassung wie *Bürgi*, der für diese Fälle auch angibt, daß keine Potenzierung stattfindet.

In den folgenden Fällen jedoch weicht unsere Auffassung von der von *Bürgi* ab.

Ad B. Gehören beide Gifte zu Typus II und haben die Gifte überdies einen *verschiedenen* Angriffspunkt, so ist mit großer Wahrscheinlichkeit zu erwarten, daß bei Kombination bestimmter Dosen eine Potenzierung auftritt. Eine Dosis I des ersten Giftes (vgl. Fig. 3) hat z. B. eine Wirkung ½ *b*. Die zweimal größere Dosis 2 übt jedoch nur eine Wirkung ¾ *b* aus. Bestehen nun dieselben Verhältnisse für ein zweites Gift und haben beide Gifte einen verschiedenen Angriffspunkt, so muß erwartet werden, daß die Dosis I des ersten Giftes + die Dosis I des zweiten Giftes eine Wirkung *b* hat, also eine größere Wirkung als von der Dosis II eines der Gifte allein ausgeübt wird.

Ganz sicher, daß in diesem Falle eine Potenzierung der Wirkung auftritt, ist man natürlich nicht, denn es ist immer möglich, daß das erste Gift die Wirkung des zweiten in irgendeiner Weise stört.

Gehören beide Gifte Typus II an, und zwar so, daß die K-W-Kurven nicht nur bezüglich des Typus, sondern auch quantitativ vollkommen gleich sind, und haben die Gifte dabei *denselben* Angriffspunkt, so ist — wenigstens auf Grund dieser Überlegungen — keine Potenzierung zu erwarten.

Ad C. Gehört das erste Gift zu Typus I und das zweite Gift zu Typus II, so ist sehr wohl möglich, daß eine Potenzierung auftritt. Hat n. l. eine Dosis II des ersten Giftes eine Wirkung ½ *a* (vergl. Fig. 2), so würde die Zufügung einer Dosis I des zweiten Giftes die Wirkung unverhältnismäßig höher steigern können.

Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß wir nicht meinen, daß man in allen Fällen auf Grund unserer Überlegungen vorhersagen kann, ob bei einer bestimmten Kombination eine Potenzierung auftreten wird oder nicht, und noch weniger sind wir der Meinung, daß alle Fälle von Potenzierung aus unseren Schemata zu erklären seien, denn die Potenzierung von den Kombinationen Nikotin-Lobelin und Physostigmin-Pilocarpin (29) zum Beispiel beruht höchstwahrscheinlich auf anderen Umständen. Immerhin ist es beachtenswert, daß bei einer ganzen Reihe von

Stoffen, welche keine Potenzierungserscheinungen aufweisen (die Gifte der Fettreihe), eine K-W-Kurve in Typus I gefunden wird, und daß bei sämtlichen Kombinationen, in denen eine Potenzierung bis jetzt mit Sicherheit nachgewiesen ist, mindestens eins von den beiden Giften zu Typus II gehört.

Wie schon oben angedeutet wurde, deckt sich unsere Auffassung teilweise mit der von *Bürgi* gegebenen Regel, denn wir kommen ebenso wie *Bürgi* zu der Annahme, daß bei Kombinationen von Arzneimitteln der Lipoidreihe keine Potenzierung auftritt, und überdies ist auch für uns die Frage, ob beide Gifte denselben — oder einen verschiedenen — Angriffspunkt haben, von großer Bedeutung. Im ganzen aber weicht unsere Auffassung von *Bürgis ab.*

Wenn wir *Bürgi* (28) richtig verstehen, so lautet seine Auffassung folgendermaßen:

Haben beide Arzneimittel denselben Angriffspunkt, so besteht keine Potenzierung.

Haben beide Arzneimittel einen verschiedenen Angriffspunkt, so besteht eine Potenzierung.

Wir kommen aber zu folgender Auffassung:

Haben beide Gifte denselben Angriffspunkt, so sind drei Fälle zu unterscheiden:

A) beide Gifte gehören zu Typus I: keine Potenzierung;

B) beide Gifte gehören zu Typus II und der Verlauf der beiden Kurven ist genau identisch: keine Potenzierung;

C) beide Gifte gehören zu Typus II, haben aber eine verschiedene Kurve, oder das eine Gift gehört zu Typus I und das andere zu Typus II: eine Potenzierung in bestimmten Regionen der K-W-Kurve ist möglich.

Haben beide Gifte einen verschiedenen Angriffspunkt, so sind ebenfalls drei Fälle zu unterscheiden:

A) beide Gifte gehören zu Typus I: keine Potenzierung;

B) beide Gifte gehören zu Typus II: eine Potenzierung ist wahrscheinlich;

C) das eine Gift gehört zu Typus I, das andere zu Typus II: eine Potenzierung ist möglich.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß *Bürgi* in den angeführten und anderen Mitteilungen auch schon die Aufmerksamkeit darauf lenkt, daß bei manchen Giften die halbe Dosis nicht die halbe Wirkung ausübt und daß dieser Umstand beim Zustandekommen der Potenzierung von Bedeutung sein kann.

Wie bereits oben auseinandergesetzt ist, sind diese Regeln durchaus nicht bindend und sicherlich werden nicht alle Fälle von Potenzierung damit erklärt werden können. Es scheint uns aber, daß in gewissen Fällen die durch uns gegebene Anschauungsweise von Nutzen sein kann.

b) Die Theorie von W. Frei.

Hier muß noch eine Erklärung der Potenzierung erwähnt werden, die mit unserer ähnlich ist und bereits vor vielen Jahren in etwas anderer Form durch *W. Frei* gegeben wurde. Das war uns, als wir unsere oben mitgeteilten Untersuchungen machten und auch als wir unsere erste Mitteilung darüber publizierten, noch nicht bekannt. Ich mache deshalb gerne von dieser Gelegenheit Gebrauch, um darauf hinzuweisen, daß *Frei* (30) bereits 1913 eine Auffassung über die verstärkende Wirkung von Kombinationen der Desinfektionsmittel gegeben hat, die sehr mit der unsrigen übereinstimmt. *Frei* hat quantitative Untersuchungen gemacht über die Wirkung von verschiedenen Desinfektionsmitteln und hat auch K-W-Kurven konstruiert, die er Wirksamkeitskurven nennt. In vielen Fällen hatten diese Kurven die Form von Typus II, also eine Parabel, und *Frei* wies bereits darauf hin, daß, wenn zwei Desinfizientien kombiniert werden, die beide eine gleiche Kurve haben, eine Verstärkung der Wirkung auftreten kann. *Frei* unterscheidet dabei zwei Fälle. Es kann natürlich vorkommen, daß, wenn beide Kurven denselben parabolischen Verlauf haben, doch die Kombination in allen Konzentrationen eine einfache Addition der Wirkung gibt. Wir haben oben auch bereits auseinandergesetzt, daß, wenn von zwei Stoffen die K-W-Kurve vollständig identisch ist und außerdem die Angriffspunkte dieselben sind, wahrscheinlich keine Potenzierung, sondern eine Addition auftreten wird. In diesem Falle spricht *Frei* von einer Iso-Addition. Er hat ferner auch beobachtet, daß, wenn die K-W-Kurve von beiden Stoffen den Verlauf einer Parabel hat, eine stärkere Wirkung zum Vorschein kommen kann (wir nahmen den Fall, daß beide Kurven zu Typus II gehören und der Angriffspunkt verschieden ist); in diesem Fall spricht *Frei* von einer Hetero-Addition. Es wäre vielleicht von Vorteil, um auch in den Fällen, wenn man bei pharmakologischen Wirkungen auf die hier besprochene Weise eine Potenzierung beobachtet, den Ausdruck von *Frei*, Hetero-Addition zu gebrauchen. Jedenfalls ist es erwünscht, scharf zu unterscheiden zwischen Fällen, in welchen der durch *Frei* und uns auseinandergesetzte Mechanismus der Potenzierung zustande kommt und anderen Fällen, in denen sicher eine andere Erklärung gelten muß. Denn es ist auch ganz sicher — wie schon oben erwähnt —, daß einfach durch Hetero-Addition nicht alle Fälle von Potenzierung erklärt werden können.

c) Andere Möglichkeiten.

So beruht z. B. die Potenzierung Nikotin-Lobelin sicher auf anderen Gründen. In dem Falle besteht nämlich nicht nur eine Verstärkung der Wirkung, wenn beide Gifte gleichzeitig eingespritzt werden, sondern die potenzierende Wirkung des Lobelins bleibt noch ½ bis 1 Stunde nach der Einspritzung bestehen. Wenn man z. B. bei einer dekapitierten Katze (nach Atropineinspritzung, vgl. oben) 0,1 mg Nikotin einspritzt, dann erhält man als Regel eine Blutdrucksteigerung von 20—30 mm Hg. Spritzt man

bei demselben Tier einigemal nacheinander dieselbe Quantität Nikotin ein, dann sind die aufeinanderfolgenden Blutdrucksteigerungen gewöhnlich gleich groß. Gibt man nun 0,1 mg Lobelin, dann bekommt man gewöhnlich genau dieselbe Blutdrucksteigerung und auch der Verlauf der Kurve ist meistens ganz derselbe. Spritzt man nun nach dem Lobelin noch einmal Nikotin ein, dann ist die Wirkung des Nikotins jetzt größer als vorher und man erhält denselben Effekt, wenn man 0,05 mg Lobelin + 0,05 mg Nikotin injiziert. Hat man nun zuerst Nikotin gegeben und dann Lobelin und gibt dann noch einmal Lobelin, dann ist die letztere Lobelinwirkung nicht größer, im Gegenteil, meistens sogar etwas geringer geworden. Man hat also hier den eigenartigen Fall, daß das Lobelin die Nikotinwirkung potenziert, aber das Nikotin potenziert die Lobelinwirkung nicht. Diese verstärkende Wirkung des Lobelins besteht noch eine halbe bis eine Stunde nach der Injektion des Giftes. Auch bei der von *Leja Moldowskaja* nachgewiesenen Potenzierung Pilokarpin-Physostigmin am überlebenden Darme besteht, wie wir in noch unveröffentlichten Versuchen nachweisen konnten, etwas Ähnliches. Das Physostigmin hat hier noch eine verstärkende Wirkung, nachdem das Gift schon wieder aus der Flüssigkeit, in der sich das Organ befindet, entfernt worden ist.

Ferner nahmen wir in vor kurzem erschienenen Untersuchungen (31) wahr, daß auch Bestandteile von Serum, ferner Lecithin und Cerebron in gewissen Fällen die Wirkung von Giften, z. B. die Wirkung vom Pilokarpin auf den überlebenden Darm oder die Wirkung von Adrenalin auf den Blutdruck erhöhen können. Welcher Art diese Wirkungen sind, ist vorläufig noch nicht klar. Jedenfalls beruhen diese Fälle von Potenzierung auf einem vollständig anderen Prinzip, als die oben erwähnten. Besonders deshalb also, weil diese Verstärkung der Wirkung noch bestehen bleibt, wenn das Gift, das die potenzierende Wirkung hat, aus der Flüssigkeit, worin sich das Organ befindet, bereits entfernt ist bzw. noch geraume Zeit nachwirkt, wenn es einem Tier eingespritzt wird. Auch bei der von *Führer* (29) nachgewiesenen Potenzierung Acetylcholin-Physostigmin an zentrenfreien Blutegelpräparaten beruht nach ihm auf ganz anderen Wirkungen und Ursachen als die, welche oben besprochen wurden. Gerade dieser Umstand, daß bei der zuletzt besprochenen Potenzierung ein vollständig anderer Mechanismus vorhanden ist, als bei den zuerst besprochenen, macht es meiner Ansicht nach erwünscht, den beiden Erscheinungen verschiedene Namen zu geben. Will man das Wort Potenzierung behalten, so ist es vielleicht erwünscht, dieses nur für die zweite Gruppe zu reservieren. Man kann hier ja vielleicht auch von Sensibilisierung sprechen. Die am Anfang besprochene Erscheinung, bei welcher die Potenzierung aus der K-W-Kurve zu erklären ist, kann man vielleicht in Anlehnung an *Frei* als Hetero-Addition bezeichnen.

d) Traubes Theorie.

Nur mit einigen Worten soll hier noch auf die Untersuchungen von *Traube* hingewiesen werden; während er in den letzten Jahren fast alle physiologischen Probleme vom Standpunkt der Oberflächenspannungs-Verminderung untersucht hat und der Natur das Recht scheint nehmen zu wollen, Kräfte zu benützen, die er (*Traube*) nicht mit seinem Stalagmometer messen kann, hat er auch die Frage des Synergismus und Antagonismus von Arzneimitteln mit Hilfe dieses Instrumentes zu erklären versucht. Es ist selbstverständlich, daß Unterschiede der Oberflächenspannung, die durch viele Gifte hervorgebracht werden, bei der Wirkung der Gifte und besonders bei der Bestimmung der Intensität der Wirkung eine Rolle spielen können. Aber eine Erklärung von Erscheinungen, wie die des Synergismus und Antagonismus von Giften, wobei versucht wird, die Wirkung von allen Arzneimitteln, so sehr sie auch bezüglich ihrer chemischen Struktur verschieden sind, zurückzuführen auf eine einzige physikalische Eigenschaft, wird nicht einen einzigen physiologisch geschulten Pharmakologen befriedigen können, der ja täglich Gelegenheit hat, zu sehen, wie elektiv viele Arzneimittel nur gewisse Funktionen des Körpers beeinflussen und viele anderen Funktionen unbeeinflußt lassen und wie dabei eine fast unendliche Verschiedenheit in der Wirkung von verschiedenen Arzneimitteln besteht.

4. Praktische Folgerungen.

Zum Schlusse muß — wie bereits oben angedeutet — noch ein sehr wichtiger Punkt besprochen werden, nämlich die Frage, wie die Haltung des praktischen Arztes gegenüber der Frage der Potenzierung sein soll.

Bezüglich dieser Frage muß zuerst erwähnt werden, daß in der Praxis der Umstand, daß eine bestimmte Kombination von Arzneimitteln eine Potenzierung (oder *keine* Potenzierung) zeigt, an sich nie ein Grund sein kann, um diese Kombination für die Praxis zu gebrauchen oder zu verwerfen. Es ist eine alte Erfahrung der Ärzte, daß die stopfende Wirkung von Opium stärker ist, als seinem Morphingehalt entspricht; wenn es sich nun herausgestellt hätte, daß bei Tieren keine Potenzierung von Opiumalkaloiden zu beobachten ist, so kann das kein Grund für den Kliniker sein, um nun kein Opium mehr zu geben, wenn er es bisher immer mit Nutzen gebraucht hat. Und wenn der Narkotiseur gewöhnt ist, mit einem Gemisch von Äther und Chloroform zu narkotisieren und damit gute Erfahrungen hat, dann soll, wenn nun in einer pharmakologischen Untersuchung gezeigt wird, daß gegenüber älteren Auffassungen in diesem Fall keine Potenzierung besteht, dieses Ergebnis *an sich* noch kein Grund für den Narkotiseur sein,

um das Gemisch von nun an nicht mehr zu benutzen. Aber demgegenüber steht, daß, wenn ein Pharmakologe bei einer neuen Kombination tatsächlich eine Potenzierung findet, daß dann das für die Kliniker *kein* Grund sein kann, um ohne weiteres dieses Gemisch zu benützen und auch als besser zu betrachten. Letzteres ist nun häufig geschehen. Nachdem man glaubte gefunden zu haben, daß Opiumalkaloide ihre Wirkung gegenseitig potenzieren, war das für viele ein Grund, um *Sahlis* Pantopon, ein Gemisch von den in Opium vorkommenden wirksamen Alkaloiden, als salzsäure Verbindungen an Stelle von Morphin zu gebrauchen. Das war nicht richtig. Die Frage, ob in gewissen Fällen Pantopon oder Opium besser ist als Morphin, fällt hier ganz weg, aber die Tatsache, daß der Pharmakologe eine Potenzierung fand, hatte, solange als es nicht bewiesen war — und das ist der springende Punkt —, daß bei diesem Gemisch die gewünschte Wirkung *wohl*, aber die ungewünschte Wirkung *nicht* potenziert wird, kein Grund sein können, um Pantopon gegenüber Morphin den Vorzug zu geben. Wenn der *Kliniker* aus der pharmakologischen Untersuchung eine Lehre ziehen will, dann hätte es die sein müssen, daß man mit Kombinationen und besonders mit unbekannten Kombinationen außergewöhnlich vorsichtig sein muß, weil man nicht weiß, ob nicht hier oder da eine Potenzierung auftritt, mit sehr unerwünschten Folgen.

Von der pharmakologischen Untersuchung nach Potenzierung bei der Wirkung von Arzneigemischen ist nur dann ein Nutzen für die Klinik zu erwarten, wenn man tatsächlich eine Mischung findet, bei der die *therapeutische* Wirkung potenziert ist, die *Nebenwirkungen* aber nicht. Eine derartige Mischung ist durch *Takahashi* gefunden worden (Morphin-Codein). Vermutlich wird eine durch *Straub* gefundene Kombination, das Narkophin (eine Kombination von gleichen Teilen Morphin, Narkotin und Mecon säure) auch dieser Forderung folgen, denn es scheint, daß Morphin und Narkotin ihre narkotisierende Wirkung gegenseitig potenzieren und die Wirkung auf das Atemzentrum nicht, und wahrscheinlich gilt dasselbe (vgl. die oben erwähnte Untersuchung von *Macht*) auch für das Pantopon. Aber auch in dieser Frage ist noch nicht das letzte Wort gesprochen und noch viele Untersuchungen werden nötig sein. Auf Grund von theoretischen Überlegungen muß es jedenfalls als möglich betrachtet werden, daß Kombinationen gefunden werden können, bei welchen die nützlichen Wirkungen potenziert und die nichtnützlichen nicht potenziert sind. *Nur* in diesem Fall kann das Bestehen einer Potenzierung für den Arzt ein Grund sein, um der Kombination den Vorzug zu geben gegenüber den einfachen Arzneimitteln.

1. *A. Fröhlich und O. Loewi*, Arch. f. exp. Path. und Pharm. Bd. *62*, S. 159, 1910.
2. *Kraus und Friedenthal*, Berl. Klin. Wochenschr. 1908, Nr. 38.
3. *W. Storm van Leeuwen*, Physiologische waardebepalingen van geneesmiddelen, Wolters, Groningen 1919, S. 103.
4. *W. Storm van Leeuwen und C. de Lind van Wyngaarden*, Kon. Acad. v. Wetensch. Amsterdam, Wis en natuurk. Afd. Deel XXVI, S. 560, 1917.
5. *M. Tatahashi*, Pflügers Arch. Bd. *159*, S. 327, 1914.
6. *D. S. Macht, J. Hermann and Levy*, Journ. of pharm. and exp. Therap. Vol. 8, S. 1, 1916.
7. *Straub*, Münch. Med. Woch. 1912, Nr. 28 und Bioch. Zeitschr. Bd. *57*, S. 157, 1913.
8. *Caesar*, Bioch. Zeitschr. Bd. *42*, S. 316, 1912; siehe auch *Hermann*, Bioch. Zeitschr. Bd. *39*, S. 221, 1912.
9. *v. Issekutz*, Pflüg. Arch., Bd. *145*, S. 415, 1912.
10. *Meißner*, Bioch. Zeitschr. Bd. *54*, S. 395 und Bioch. Zeitschr. Bd. *67*, S. 502, 1914.
11. *F. Hönigmann*, Arch. f. klin. Chir. Bd. *58*, S. 730, 1899.
12. *Kionka*, Arch. intern. de phamacodyn. et de ther. Vol. 7, S. 476; *Kionka* und *Kroenig*, Arch. f. klin. Chir. Bd. *75*, S. 92, 1905.
13. *W. Madelung*, Arch. f. exp. Path. und Pharm. Bd. *62*, S. 409, 1910.
14. *Overton*, Studien über die Narkose, 1901.
15. *Kochmann, W. Ritschel, O. Stange* usw., Arch. intern. de pharmacodyn. et de therap. Vol. 22, S. 23, 1913.
16. *C. S. Sherrington*, The integrative action of the nervous System, London 1906; *C. S. Sherrington*, Journ. of physiol. Vol. 38, S. 375, 1909.
17. *J. W. Le Heux*, Pflügers Archiv Bd. *174*, S. 105, 1919.
18. *W. Storm van Leeuwen*, Pflügers Archiv Bd, *165*, S. 84, 1916.
19. *Meltzer* und *Auer*, Zentralbl. f. Physiol. Bd. *27*, S. 632.
20. *G. Mansfeld*, Pflügers Arch. Bd. *161*, S. 444, 1915.
21. *W. Storm van Leeuwen*, Pflügers Arch. Bd. *166*, S. 65, 1916.
22. *W. Storm van Leeuwen* und *M. v. d. Made*, Pflügers Archiv Bd. *177*, S. 276, 1919.
23. *E. Hauckold*, Zeitschr. f. exp. Path. und Ther. Bd. 7, S. 745, 1910.
24. *F. Lindemann*, Zeitschr. f. exp. Path. u. Ther. Bd. 7, S. 725, 1910.
25. *W. Hammerschmidt*, Zeitschr. f. exp. Path. u. Ther. Bd. *8*, S. 374, 1911.
26. *Ch. Rappoport*, Zeitschr. f. exp. Path. u. Ther. Bd. *9*, S. 39, 1911.
27. *W. Storm van Leeuwen*, Ned. Tijdschr. v. Geneesk. 1917, Tweede helft, S. 957.
28. *E. Bürgi*, Rektoratsrede 1914.
29. *Leja Moldowskaja*, Zeitschr. f. exp. Path. u. Ther. Bd. *18*, S. 31, 1916; *H. Führer*, Arch. f. exp. Path. u. Pharm. Bd. *82*, S. 51, 1917.
30. *Frei*, Zeitschr. f. Hyg. Bd. *75*, S. 433, 1913.
31. *W. Storm van Leeuwen en C. van den Broeke*, Verslagen kon. acad. v. Wetensch. Amsterdam, Wis en Natuurk. Afd. Deel XXVIII, 1920, S. 689, *W. Storm van Leeuwen en M. v. d. Made*, Verslagen kon. Acad. v. Wetensch. Amsterdam, Wis en Natuurk. afd. Deel XXVIII, 1920, S. 704.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Sitzung am 9. Oktober hielt Professor *F. Solger* (Berlin) einen Vortrag **„Vier Jahre als Geologe in Peking“.** Der Vortragende war von 1910 bis 1913 als Professor der Geologie an der chinesischen

Reichsuniversität in Peking tätig, wurde dann vom chinesischen Handelsministerium mit der Einrichtung einer geologischen Aufnahme von China betraut, jedoch schon nach 9 Monaten durch den Ausbruch des Weltkrieges von dieser Arbeit fortgerufen.

Die Pekinger Universität war eine Gründung der chinesischen Regierung und stellte im wesentlichen eine höhere Beamtenschule dar, in welcher der Unterricht fast durchweg in ausländischen Sprachen erteilt wurde. Deutsche Unterrichtssprache war nur in der naturwissenschaftlichen Abteilung eingeführt, die aus einem völlig getrennten chemischen und geologischen Lehrgange bestand.

Der geologische Unterricht an der Reichsuniversität litt zunächst unter dem Mangel an Sammlungen chinesischer Gesteine und ferner unter dem Fehlen eines klaren Zieles, zu dem die Studenten vorzubereiten waren. Versuchte der Vortragende auch dem ersten Fehler durch Exkursionen mit den Studenten und eigene Sammelreisen in den Ferien nach Möglichkeit abzuhelfen, so konnte doch ein gedeihliches Wirken des Unterrichts nur im Zusammenarbeiten mit einer geologischen Reichsaufnahme erwartet werden, die einerseits den Zöglingen nach Beendigung des Lehrganges Stellungen bieten konnte, andererseits die Gewinnung des nötigen Materials an Sammlungen ermöglicht hätte. Daher bemühte sich der Vortragende, die Einrichtung einer geologischen Reichsaufnahme anzuregen und unterbreitete dem chinesischen Ministerium eine Denkschrift in diesem Sinne. Als Anfang 1913 der Vertrag mit der Universität ablief, wurde der Vortragende als europäischer Leiter der neuen Reichsaufnahme von der Bergabteilung des Handelsministeriums unter Herrn *Chang-yi-o* angestellt, während ihm als chinesischer Leiter Herr *Ting-wen-kiang* zur Seite gestellt wurde, der seit Kriegsausbruch die Leitung allein tatkräftig weitergeführt hat.

Im ersten Teile des Vortrages gab Professor *Solger* ein interessantes Bild des chinesischen Volkes und seines Geisteslebens, das in mancher Beziehung von der bei uns landläufigen Vorstellung abweicht, und machte dann über das Deutschtum in China und dessen Zukunftsaussichten höchst bemerkenswerte Ausführungen. Im zweiten Teile behandelte er die Geologie der jüngsten Formationen Chinas mit ihrer besonderen Beziehung zur Menschengeschichte.

Schon *F. v. Richthofen* hatte erkannt, daß der Löß in China in einer trockenen Steppenperiode gebildet sei, der eine feuchte Periode starker Flußwirkung vorausgegangen und eine ebensolche gefolgt sei, während in der Steppenperiode selbst der Gelbe Fluß und die kleinen Wasserläufe der Großen Ebene versiegten, ohne das Meer zu erreichen. Dieser von *B. Willis* zu Unrecht bestrittene und durch eine ganz unmögliche Theorie ersetzte Grundgedanke erwies sich bei genauerer Betrachtung der Verhältnisse als durchaus richtig und ließ sich noch weiter ausbauen. Demnach ist mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß jeder Vereisungszeit innerhalb des Eiszeitalters in China eine Steppenperiode entsprach, deren Trockenheit nicht nur die große Ebene, sondern in noch höherem Grade die heutigen Steppenlandschaften Turkestans und Kansus unbewohnbar machte und die Menschen Nord- und Mittelchinas teils auf kleine Stellen am Fuße der verhältnismäßig regenreicheren Gebirge, teils auf die Küstenlandschaften am Stillen Ozean zusammendrängte. Mit dem Ende der letzten Vereisungszeit wurde das Klima feuchter. Die bisher bewohnbaren Oasen im Versickerungsgebiet der Flüsse wurden nun überschwemmt. Schließlich aber fanden die entstehenden Seen einen Abfluß zum Meere, und das Wasser schnitt sich hier allmählich so tief ein, daß jene Seen verschwanden, und daß sogar der Grundwasserspiegel in der Nähe der Flüsse immer tiefer sank. Daher entsteht leicht der falsche Eindruck, daß das Klima seit der Eiszeit trockener geworden sei, während in Wirklichkeit nur in einem an sich feuchten Klima das Grundwasser schwerer verwertbar geworden ist. Die chinesische Sage bewahrt diese Vorgänge noch in der Erzählung von der großen Flut zur Zeit des Kaisers Yao, die durch Kanalgrabungen des Kaisers Yü endlich abgeleitet worden sei.

Ein zweites Ereignis, das China seit dem Ende der Eiszeit betroffen hat, ist das Ansteigen des Meeres, wodurch der in der Eiszeit trocken gelegene Boden des Gelben Meeres überflutet wurde, so daß die Küste bei Paotingfu nahe an das Gebirge herangetreten sein muß, während das Tal des Yangtse damals bis gegen Hankou hinauf in einen Meeresarm verwandelt wurde, den dann erst der Yangtseschlick ausgefüllt hat. Der Vortragende setzte das Ansteigen des Meeres seinen Ursachen wie seinem Zeitpunkt nach mit der Litorinasenkung der deutschen Küsten gleich und gewann damit ein Zeitmaß von großer Wahrscheinlichkeit, indem die Schlickbildung seit diesem Vorgange etwa auf 8 Jahrtausende zu veranschlagen sein würde. Das gibt einen neuen geologischen Anhalt zur Beurteilung der berühmten Reichsgeographie der Yükung, deren Ursprung in das 3. Jahrtausend vor Christus gesetzt wird, also spätestens in die Mitte des genannten Zeitraumes. Der Vortragende deutete die Angaben dieses Buches, in einigen Punkten von *Richthofen* abweichend, dahin, daß die Meeresbuchten von Paotingfu und vom unteren Yangtse die Grenzen gebildet hätten, innerhalb deren sich die ältesten Chinesen vom Westen her in die Ebene ausbreiteten.

Er ging dann auf die Frage der Herkunft der chinesischen Rasse ein, für die das Tal des Weiflusses übereinstimmend mit der chinesischen Überlieferung auch geologisch am wahrscheinlichsten ist. Von hier wanderten die Urchinesen einerseits nach Turkestan, andrerseits nach der Großen Ebene. Hier mischten sie sich mit Küstenvölkern eines vermutlich totemistischen Kulturkreises. Später drängten Altaivölker sich von Westen her in das Weital ein, nachdem aber vielleicht schon vorher eine Berührung zwischen den Chinesen und den inzwischen nach Turkestan eingewanderten indogermanischen Tocharen eingetreten sein mag. Erst nachdem die Anschwemmungen des Gelben Flusses einen großen Umfang im Osten von Paotingfu eingenommen hatten, dürfte eine wirksame Verbindung der Chinesen mit den am Nordrande der Großen Ebene um Peking und östlich davon wohnenden tungusischen Völkern eingetreten sein. Die damit verbundene Steppenperiode, die die Menschen auf enge inselartige Gebiete zusammengedrängt hat, erscheint beim Weiterdenken dieser Auffassung als die Erzeugerin der scharf geprägten Menschenrassen, die wir am Anfang der Geschichte finden und allmählich so stark durch Mischungen beeinflußt werden sehen, daß die Völkerkunde wieder ratlos vor dem Rassenproblem steht. In China hat sich trotz starker Mischungen ein einheitlicher Volkscharakter in besonders hohem Maße durchgesetzt. Das ist das Verdienst der Konfuzianischen Lehre, die mit Unrecht von Europäern als ein veraltetes Erziehungsmittel hingestellt wird. Sie hat China chinesisch erhalten. Wenn sie wirklich jetzt angelsächsischen Gedanken weichen

sollte, so wird das kein Erwachen Chinas sein, sondern ein gefährliches Fieber, aus dem China nur genesen kann, wenn es die fremden Einflüsse langsam aber sicher zur Seite schiebt, wie es das schon oft getan hat, um nur das von ihnen aufzunehmen, was sich mit dem chinesischen Grundwesen, das konfuzianisch ist, verträgt. *O. B.*

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die erste Afrikadurchquerung auf dem Luftwege. Am 22. Februar 1920 verließen zwei südafrikanische Offiziere der Royal Air Force, Lieutenant-Colonel *P. van Ryneveld* und Lieutenant *C. J. Quintin Brand* in dem Flugzeug „Silver Queen II" Kairo, erreichten am 23. Khartum, am 25. Mongalla in 5° Nord, am 26. Kisumu unter dem Äquator an der Ostküste des Viktoriasees, am 28. Abercorn am Südende des Tanganikasees, am 2. März Livingstone am Sambesi und am 5. März Buluwayo in Süd-Rhodesia. Hier erlitt das Flugzeug einen Schaden, so daß der Rest der Reise mit einem anderen, aus Kapstadt erbetenen Flugzeug „Voortrekker" (Pionier) zurückgelegt werden mußte. Erst am 17. März konnte daher die Abfahrt von Buluwayo erfolgen. Prätoria wurde noch am gleichen Tage und Kapstadt am 20. März erreicht.

Eine mit charakteristischen Photographien und einer Kartenskizze ausgestattete Beschreibung dieser Fahrt findet sich in der Zeitschrift der Amerikanischen Geographischen Gesellschaft zu New York[1]). Der durchflogene Weg hatte eine Gesamtlänge von 8278 km und wurde in 72 Stunden 40 Minuten Flugzeit zurückgelegt, so daß sich eine mittlere Geschwindigkeit von 115 km pro Stunde ergab. Der Flug ging von Kairo nilaufwärts, im allgemeinen dem Flußlaufe folgend, jedoch unter Abschneidung des großen Bogens zwischen Korosko und Abu Hamed bis zum Viktoriasee, an dessen Ostufer entlang bis Muanza, von dort über Tabora nach Abercorn, über Broken Hill nach Livingstone, Buluwayo, Palapye, Pretoria, Johannesburg, Bloemfontein, Victoria-West, Beaufort-West nach Kapstadt. Ermöglicht wurde die Ausführung dieser gewaltigen Leistung durch außerordentlich sorgfältige Vorbereitungen, insbesondere durch zahlreiche Landungsplätze und Notlandungsplätze, die das British Air Ministry im Laufe des Jahres 1919 hatte herstellen lassen. Der Anlage dieser Landungsplätze wurde große Sorgfalt gewidmet, so daß sie zum Teil besser waren, als die in England benutzten. Sie verursachten große Kosten, namentlich im zentralen Afrika, denn es erwies sich vielfach als notwendig, auf großen Flächen den Urwald zu roden, den Boden von zahlreichen Termitenhügeln zu befreien und ihn völlig einzuebnen, Zufahrtsstraßen zu schaffen usw. Besonders schwierig war es in der sumpfigen, sogenannten Suddregion des oberen Nil, die 90 000 qkm umfaßt, einen trockenen Platz von geeigneter Lage und Größe zu finden.

Die atmosphärischen Verhältnisse waren im allgemeinen wenig günstig. Gefährlich erwiesen sich vor allem jene als „dust devils" bezeichneten, über dem erhitzten Erdboden sich bildenden Tromben, die ein anderes Flugzeug bei Schereik fast völlig zertrümmert hatten, so daß die Besatzung nur mit Mühe ihr Leben retten konnte. Diese Tromben, die oft Staub, Sand, Blätter usw. emporwirbeln, erreichen Höhen von 600 bis 900 Metern und sind an heißen Tagen so häufig, daß man auf einer Fläche von einigen Quadratkilometern mitunter ein Dutzend wahrnehmen kann. Noch gefährlicher als diese, durch überhitzte Luft verursachten Turbulenzen sind absteigende kalte Luftströme, weil sie stets unsichtbar bleiben. Durch sie werden die Flugmaschinen oft zur Erde geschleudert. Leutnant *Walmsley* sah an der afrikanischen Küste drei auf diese Weise zu Wracks gewordene Flugzeuge. Die einzige Methode, derartige Gefahren zu vermeiden, besteht in Afrika darin, daß man entweder nur am Nachmittage, nachts, bzw. am frühen Morgen fliegt, oder sich wenigstens zu den heißesten Tagesstunden in einer Höhe von mindestens 2400 m hält.

Obgleich die Witterung in Afrika im allgemeinen viel beständiger ist als in Mitteleuropa, bereitet sie dem Flieger doch erhebliche Schwierigkeiten, weil die zu passierenden verschiedenen Breitenzonen nicht zu gleicher Zeit Regen- oder Trockenzeit haben, so daß man mindestens in einem Gebiet die Periode der Regenzeit antreffen wird. Diese ist aus dem Grunde besonders ungünstig, weil kaum ein Tag ohne schwere Gewitter mit furchtbaren Regengüssen vergeht, die in wenigen Minuten die Steppe in einen gewaltigen See verwandeln können. Eine Notlandung aber ist gerade in dem Gebiet zwischen Mongalla und Livingstone höchst schwierig, weil das Gelände sich gar nicht dazu eignet. Selbst scheinbar günstige Grasflächen sind mit Termitenhügeln durchsetzt, die fest wie Fels sind und den Ruin der Maschine herbeiführen. Auch bietet die Einsamkeit in diesen Gebieten ohne menschliche Hilfe manche Gefahren, von denen nur Wasserlosigkeit, Nahrungsmangel, wilde Tiere sowie die Aussicht, bei Verletzungen, welche die Bewegungsmöglichkeit herabsetzen, in der Wildnis umzukommen, genannt seien.

Eine andere Schwierigkeit bereitet die Höhe. Südlich des Sudan liegt fast das gesamte zu überfliegende Gebiet, d. i. etwa zwei Drittel des Weges, in einer Höhe von 900—1800 Metern über dem Meeresspiegel. Die hohe Temperatur der Luft, die deren Dichte noch weiter vermindert, setzt ebenfalls die Tragfähigkeit der Luft herab. Auf dem höchstgelegenen Landungsplatz der ganzen Route, zu Abercorn in 1720 m Höhe, mußte man daher alle irgendwie entbehrlichen Gegenstände zurücklassen, um überhaupt ein Aufsteigen der Maschine zu ermöglichen. Die für die Durchquerung ausschließlich benutzten Motore mit Wasserkühlung erwiesen sich als ungeeignet, und *Walmsley* hält auf Grund einer zweijährigen Erfahrung in Zentralafrika die leichteren Maschinen mit Luftkühlung gerade in diesem Gebiete für zweckmäßiger.

Trotz des auf der ersten Afrikadurchquerung mit der Flugmaschine erzielten Erfolges glaubt *Walmsley* jedoch nicht, daß ein regelmäßiger Verkehr vom kaufmännischen Standpunkt aus rentabel sein würde. Die leichten, für die Tropen allein geeigneten Flugzeuge haben zu wenig Nutzlast, und die Kosten für die verschiedenen Relaisstationen, für den Transport von Brennstoff und anderem Material dorthin, die Instandhaltung der Landungsplätze usw. würden enorme Beträge verschlingen und in keinem Verhältnis zu den Einnahmen stehen. Dagegen befürwortet er die Verwendung von Luftschiffen, wenngleich auch hier noch

[1]) The recent transafrican flight and its lesson. By Lieutenant *Leo Walmsley*. The Geographical Review, New York 1920, Vol. *9*, Nr. 3, S. 149—160.

manche Hindernisse zu bewältigen sind. Eine Flughöhe von 2400 Metern innerhalb der Tropenzone würde das Fahrzeug dem verderbenbringenden Einfluß der Tromben entziehen, und die Temperatur der Luft kann in dieser Höhe als nahezu gleichmäßig auf dem ganzen Wege betrachtet werden. Der Verkehr müßte in drei Etappen vor sich gehen:

1. Das nördliche Grenzgebiet von Kairo nach Khartum,
2. die innere Tropenzone von Khartum nach Livingstone,
3. das südliche Grenzgebiet von Livingstone nach Kapstadt.

Für die erste und dritte Etappe würde ein modernes Zeppelin-Luftschiff genügen. Für die mittlere Zone jedoch müßte ein den Verhältnissen der mittleren Tropenzone besonders angepaßtes Luftschiff konstruiert werden, das imstande ist, eine Höhe von 4500 m während der ganzen Fahrt beizubehalten. Von Khartum und Livingstone aus könnten dann Anschlußlinien für kürzere, mit Flugzeugen zurückzulegende Strecken eingerichtet werden. *Walmsley* zweifelt nicht daran, daß die Wunder der afrikanischen Landschaft auch zahlreiche Vergnügungsreisende anlocken werden. Führt doch der Weg durch verschiedene klimatische Zonen und über mannigfaltige Landschaftstypen der Erde, denen großenteils noch der Reiz der Unerforschtheit anhaftet. *O. Baschin.*

Lotung vom fahrenden Schiff aus mit Hilfe der Fortpflanzung des Schalles im Wasser. Über praktische Versuche nach dieser Richtung berichtet *M. Marti* im Bulletin de l'Institut Océanographique Nr. 358, Monaco 1919. An der Seite des fahrenden Schiffes wird unter der Wasseroberfläche eine kleine Menge Explosivstoff zur Entzündung gebracht. Mit einem ebenfalls unter der Wasseroberfläche befindlichen Mikrophon, dessen Entfernung von der Explosionsstelle bekannt ist, wird sowohl das Geräusch der Detonation wie des Echos aufgenommen, diese beiden Zeitpunkte werden durch einen Chronographen registriert. Wenn auch noch die Fahrtgeschwindigkeit des Schiffes bekannt ist und die Schallgeschwindigkeit im Wasser der Untersuchungsstelle, so ist die Wassertiefe zu berechnen. Bei den im englischen Kanal bei Tiefen von 60 bis 160 m ausgeführten Versuchen ließ sich die Zeit bis auf $^1/_{1500}$ sec. bestimmen, was einer Genauigkeit der Tiefenbestimmung von $\pm$ 1 m entspricht. Eine Schwierigkeit entsteht dadurch, daß Temperatur und Salzgehalt der Tiefenschichten im Augenblick der Tiefenmessung nur unvollkommen bekannt sind und also Unsicherheit besteht über den zu benutzenden Wert der Schallgeschwindigkeit. Bei geringen Tiefen wird die aus dieser Ursache entspringende Ungenauigkeit nicht in Betracht kommen gegenüber der Ungenauigkeit der Zeitbestimmung, anders bei großen Tiefen. Wenn man für die Temperatur der Wassermasse eine Unsicherheit von 2° annimmt, so ist die Ungenauigkeit der Tiefe $^1/_{300}$, bei 1000 m Tiefe beträgt die Unsicherheit also $\pm$ 3 m. Diesen Fehler wird man als angängig betrachten können, übrigens läßt er sich in hydrographisch bekannten Gegenden noch verringern. — Selbst bei ziemlich bewegter See und bei Fahrtgeschwindigkeiten bis zu 10 Seemeilen die Stunde wurden gute Ergebnisse erzielt. Bis zu Tiefen von 200 m genügten 2 g Explosivstoff. Bei Gebrauch von 25 g wurden auch das 2. und das 3. Echo noch registriert. *B. Sch.*

Die Rolle des Cystins bei der Ernährung, gezeigt an Versuchen mit den Eiweißkörpern der Bohne (*Phaseolus vulgaris*). (*Carl O. Johns* und *A. J. Finks*, Journ. of biol. chem. Bd. *41*, Nr. 3, S. 379—389, 1920.) Phaseolin, das Globulin in der Bohne, enthält alle als lebenswichtig bekannten Aminosen (*Osborne* und *Clapp*) und genügt dennoch nicht, um normales Wachstum zu erzielen (*Osborne* und *Mendel*, *McCollum*, *Simmonds* und *Pitz*). Da Phaseolin nur sehr wenig Cystin enthält, konnte auf den Mangel dieses Bausteins seine Unterwertigkeit zurückzuführen sein. Deshalb wurde Phaseolin mit 2 % Cystin versetzt und daraus ein Rattenfutter hergestellt, das 18—20 % des Gemisches neben den nötigen anderen Nährstoffen enthielt. Die Tiere behielten eine beträchtliche Zeit ihr Körpergewicht oder nahmen sogar ein wenig zu, waren aber immer noch weit von einer normalen Entwicklung entfernt. Anfangs glaubten Verff., die schlechte Verdaulichkeit des Phaseolins wäre schuld an seiner geringeren Wertigkeit; sie verdauten es daher künstlich mit Trypsin unter Zusatz von benzoesaurem Natron (die bakteriologische Kontrolle ergab geringes Wachstum auf Agarplatten), dampften das Aminosäuregemisch zur Trockne, mischten Cystin bei und erhielten tatsächlich ein vollwertiges Eiweiß. Später stellte sich aber heraus, daß es genügt, das Phaseolin einfach mit Wasser zu kochen und diesem dann noch das Cystin zuzumischen. Ob beim Kochen im Aufbau des Eiweißmoleküls Änderungen eintreten oder eine toxische Begleitsubstanz zerstört wird, muß vorläufig dahingestellt bleiben. In früheren Versuchen hatten die Ratten, mit gekochten Bohnen voll gefüttert, eine ziemlich lange Zeit ihr Gewicht behalten oder nur wenig zugenommen. Jetzt wurde Bohnenmehl wie Phaseolin behandelt, also gekocht, in der Wärme getrocknet und mit Cystin ergänzt; dabei erwies es sich als vollwertig. Wie Casein wird also auch Phaseolin durch Cystinzusatz biologisch hochwertiger, Casein und Phaseolin ergänzen sich nicht, da sie beide cystinarm sind. Das Phaseolin, das aus den Bohnen durch Extraktion mit Natronlauge und Neutralisieren des Auszugs erhalten wird, erweist sich als hochwertiger wie jenes, das nach der alten Vorschrift durch Extraktion mit Kochsalz und nachfolgender Dialyse hergestellt wird (*Osborne* und *Mendel*).

Versuchsteil: Zusatz von eiweißfreier Milch und Butterfett, Schmalz, Stärke. Bei rohem Phaseolin Gewichtsverlust und Tod der Tiere, Ersatz des Phaseolins durch Casein rettet sie. Phaseolin kurze Zeit in Wasser gekocht, vermag Gewichtsverluste zu vermeiden, aber genügt nicht zum Wachstum. Langsames Wachstum bei Zusatz von 2 % Cystin zu rohem Phaseolin; rasche Gewichtszunahme durch gekochtes Phaseolin, das sich ungefähr als gleichwertig mit Casein zeigt. Normales oder besseres Wachstum durch gekochtes Phaseolin, das mit Cystin gemischt ist. Das gleiche zu erzielen mit Bohnenmehl, das 3 Stunden mit Wasser gekocht und dann getrocknet wurde bei Ergänzung durch Cystin. Backen statt kochen hat gleiche Wirkung. Diese Versuche sind wieder von *Osborne* und *Mendel* ausgeführt. *K. Thomas, Berlin.*

Über Röntgentherapie in der inneren Medizin mit besonderer Berücksichtigung der Erzeugung und Verwertung von Sekundärstrahlen durch Einbringung von Eigenstrahlen in den Körper. (*Wilhelm Stepp*, Strahlentherapie Bd. *10*, H. 1, S. 143—190, 1920.) *Stepp* versucht den zum ersten Male von *Barkla* ausgesprochenen Gedanken, Sekundärstrahlen künstlich zu erzeugen und therapeutisch zu verwenden, neu aufzugreifen, indem er gemeinsam mit *P. Cermak* „Eigenstrahler" in den Körper einbrachte. Unter Eigenstrahlung charakteristischer Sekundärstrahlung oder Fluorescenzstrahlung (K-Strahlen) verstehen wir eine homo-

gene Sekundärstrahlung, die entsteht, wenn Metalle (über 27 Atomgewicht) von einer Primärstrahlung getroffen werden. Daher ist die K-Strahlung immer etwas weicher als die sie erzeugende Primärstrahlung, sie wird jedoch härter mit wachsendem Atomgewicht. Die Elemente mit Atomgewicht über 108, Silber, Jod, Platin und Gold geben außerdem noch eine sog. L- und M-Strahlung ab, welche auch homogen, aber viel weicher ist. Bringt man nun einen solchen Eigenstrahler in den Körper, so wird einmal die K-Strahlung die biologische Strahlenwirkung erhöhen, wählt man aber ein Metall wie das Silber oder Jod, so wird durch die hier entstehende weiche L- und M-Strahlung, deren Absorptionskoeffizient ungefähr 28-mal größer ist als für die K-Strahlung, die biologische Wirkung durch Erhöhung der Strahlenabsorption wesentlich verstärkt. Als Eigenstrahler für Hohlorgane wie Blase und Nierenbecken kommt das Kollargol in Frage, bei Gelenken Einwirkung von der Haut aus durch Einreiben mit Ungt. Credé oder mit Jodpräparaten. Vielleicht wird es möglich sein, durch die Beladung der kranken Zellen mit einem Eigenstrahler eine auf die kranke Zelle beschränkte Verstärkung der Eigenstrahler zu erzielen, die Wege hierzu sind angedeutet durch den von *Löb* und *Michaud* geführten Nachweis der verstärkten Jodanreicherung in tuberkulösem Gewebe und von *van den Velden* für das carcinomatöse Gewebe. Die Brauchbarkeit der von *Stepp* inaugurierten „Sekundärstrahlentherapie" wird an 5 Fällen von Blasentuberkulose nachgewiesen, 2 Fälle blieben dagegen ohne nennenswerten Erfolg. Bei der Drüsentuberkulose empfiehlt sich in selteneren, schwer beeinflußbaren Fällen die Einbringung von Jodvasogen, Jodipin, Jothion und Alival in die Haut als Eigenstrahler, ebenso auch bei chronischen bzw. tuberkulösen Arthritiden und Knochenveränderungen. Bei Morbus Basedowii und Strumen empfiehlt *Stepp* vorherige Einreibung mit Ungt. Credé (3—4 g) oder von Jodvasogen. Im übrigen decken sich die Erfahrungen *Stepps* über die Erfolge der Röntgentherapie bei den Blutkrankheiten, der Lungen- und Bauchfelltuberkulose mit den allgemeinen Anschauungen. Besonders hervorzuheben ist die von *Stepp* beobachtete günstige Wirkung der X-Strahlen bei chronischen Gelenkaffektionen und bei Neuralgien. *Schlecht, Kiel.*

Die Immunität der einjährigen Pflanzen gegenüber den symbiotischen Pilzen. (*J. Magrou*, Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences Bd. *170*, Nr. 10, S. 616—618, 1920.) Die Statistik ergibt, daß im allgemeinen die ausdauernden Pflanzen einen Wurzelpilz beherbergen, die einjährigen aber nicht. Diese Beobachtung führte *Noel Bernard* zur Aufstellung seiner Hypothese vom kryptogamischen Ursprung der ausdauernden Organe, die er experimentell bei den Orchideen nachzuweisen suchte. Verf. verfolgt diese Frage bei einigen Pflanzengattungen, die nahe verwandte einjährige und ausdauernde Arten enthalten. Er experimentiert mit dem einjährigen Orobus coccineus Mill (= Lathyrus sphaericus Retz) und dem nahe verwandten ausdauernden O. tuberosus L. Samen von O. coccineus wurde in Blumentöpfen in Walderde gelegt, die von einer Stelle stammte, an der zahlreiche mit dem Wurzelpilz befallene Exemplare von O. tuberosus gewachsen waren. Die herangewachsenen Pflanzen wurden von Zeit zu Zeit untersucht, und es ergab sich folgendes: Im Alter von 40 Tagen ist Pilzbefall im gleichem Maße wie bei O. tuberosus festzustellen. In der nun folgenden Periode aber findet sich bei O. coccineus eine plötzlich einsetzende Phagocytose statt, der Pilz wird mit Stumpf und Stiel zerstört. Bei 70 Tage alten Pflanzen ist zwar noch die Mehrzahl der Wurzeln befallen, der Pilz ist aber überall bereits auf ein Häufchen kleiner Körperchen reduziert, die nur noch einen bescheidenen Raum im Innern der Zellen einnehmen. Bei O. tuberosus hingegen ist der Pilz auch nach 5 Monaten noch reich entwickelt; nach 8 Monaten ist er in eine Dauerform übergegangen, in welcher er überwintert. Ähnliche Feststellungen konnte Verf. bereits früher bei Solanum tuberosum machen, dessen nicht knollenbildende Form den Wurzelpilz ebenso wie S. nigrum durch Phagocytose zu zerstören vermag. Ähnlich zeigt Mercurialis perennis im erwachsenen Zustande einen wohlentwickelten Wurzelendophyten, während bei M. annua nach vorausgegangenem ausgedehnten Befall eine vollständige Zerstörung des Pilzes erfolgt. Die Symbiose hat also phagocytoseresistente Mycelien zur Voraussetzung; die Immunität besteht in der Zerstörung des Pilzmycels, sei es zu Beginn des Befalls (Kartoffel, Solanum nigrum), sei es nach ausgedehnterem Befall (Orobus coccineus, Mercurialis annua). In ähnlicher Weise sind auch die Beobachtungen *Noel Bernards* über „anormale Assoziation" zu erklären, der feststellte, daß Bletilla hyacinthina und Cattleyaarten sehr rasch das Mycel der Rhizoctonia repens zerstört, daß dagegen das Mycel der Rhizoctonia mucoroides, des Wurzelpilzes von Phalaenopsis und Vanda, in den Cattleyazellen zuerst äußerst lebhaft wuchert, bis es plötzlich durch Phagocytose zerstört wird. *W. Herter, Berlin-Steglitz.*

Studien über den Segelflug in Hoch-Guinea. (*P. Idrac*, Cpt. rend. hebdom. des séances de l'acad. des sciences Bd. *170*, Nr. 5, S. 269—272, 1920.) Über den Schwebeflug der Vögel sind viele Theorien aufgestellt worden. Ernstlich in Betracht kommen nur diejenigen, welche annehmen, daß die Vögel die innere Energie des Windes ausnutzen. Verf. hat schon früher gezeigt, daß in einigen Fällen von Schwebeflug aufsteigende Luftströme vorhanden waren; es war aber zweifelhaft, ob solche auch über den afrikanischen Ebenen, wo viele Segler beobachtet werden, vorhanden sind. Deshalb sind Messungen darüber gemacht worden. Durch Drachen mit eingebauten Dynamometern und Anemometern wurde Stärke und Gleichförmigkeit der Horizontalkomponente des Windes gemessen, durch leichtbewegliche an den Drachen befestigte Probekörper und durch Sondierballons die Vertikalkomponente. Ergebnisse (für die Gegend von Dakar und Hoch-Guinea): Der Wind hat meistens eine merkliche vertikale Komponente. Auf- und Absteigen der Luft wechseln ohne erkennbares Gesetz wellenförmig miteinander ab. Die schwebenden Vögel halten sich immer in der Region des Aufsteigens. Nur in einigen Fällen, wo der Wind schwach und verhältnismäßig gleichmäßig floß, konnten keine Beziehungen zwischen dem Schwebeflug und den Irregularitäten der Luftströmung entdeckt werden. Aus den beobachteten Daten konnte die wichtige Frage beantwortet werden, wie sich bei gegebener Windgeschwindigkeit (auf den Vogel bezogen) der Rücktrieb zum Auftrieb verhält. Als Verhältnis dieser beiden Werte (die sog. Gleitzahl) ergab sich für zwei Vogelarten 0,067 und 0,062 (das entspricht den besten bisher bei Flugzeugen erreichten Werten; d. Ref.). Ob alle Fälle von Schwebeflug auf der Benutzung aufsteigender Luftströme beruhen, muß durch weitere Untersuchungen festgestellt werden.

M. Gildemeister, Berlin.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 49. (Seite 943—958) 3. Dezember 1920. Achter Jahrgang.

INHALT:

Vorgänge und Zustände und ihre Ableitung auseinander. Von *H. Petersen, Heidelberg.* S. 943.

Der Nachweis der Verjüngung. Von *A. Pütter, Bonn.* S. 948.

Besprechungen:

Potoniés Lehrbuch der Paläobotanik. 2. umgearbeitete Auflage von *W. Gothan.* Von *F. Krasser, Prag.* S. 954.

Walther, Joh., Vorschule der Geologie. 7. Auflage. Von *J. Wilser, Freiburg i. B.* S. 955.

Rost, Franz, Pathologische Physiologie des Chirurgen (Experimentelle Chirurgie). Von *A. Pütter, Bonn.* S. 955.

Deutsche Ornithologische Gesellschaft:

Das Farben- und Formensehen der Vögel. S. 956.

Botanische Mitteilungen. S. 956—958.

Über die Reaktionen freibeweglicher pflanzlicher Organismen auf plötzliche Änderungen der Lichtintensität. Zur Mechanik der Geißelbewegung. Die Bewegung und Reizbeantwortung der bipolar begeißelten Spirillen. Über die Wirkung photodynamischer Stoffe.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig

Friedrich Dannemann

Die Naturwissenschaften

in ihrer Entwicklung und in ihrem Zusammenhange

2. Auflage. In vier Bänden. Gr.-Oktav

1. Band: Von den Anfängen bis zum Wiederaufleben der Wissenschaften. Mit 64 Abbildungen im Text und einem Bildnis von Aristoteles. (XII, 486 S.) M 20.—; geb. M. 24.— u. 50% Verl.-Teuer.-Zuschlag.

Band 2, 3 u. 4 werden rasch folgen. Sie sind gleichfalls vermehrt, verbessert u. reichlicher mit Abbildungen versehen.

Das Werk gehört fraglos zu den besten, bestgeschriebenen, originellsten und nutzbringendsten der neueren naturwissenschaftlichen Literatur.
Prof. Dr. Edmund O. von Lippmann, Halle a. d. S. i. d. Chemiker-Ztg., Jahrg. 1913.

Eine Ergänzung und Vorbereitung für das vierbändige Werk bildet **Dannemanns** insbesondere auch für höhere Schulen geeignetes Buch:

Aus der Werkstatt großer Forscher

Allgemeinverständliche, erläuterte Abschnitte aus den Werken hervorragender Naturforscher aller Völker und Zeiten (3. Aufl.)

Mit 62 Abbildungen im Text, größtenteils in Wiedergabe nach den Originalwerken u. 1 Spektraltafel (XII u. 430 S. Gr.-8.) Geb. M. 9.— und 50% Verl.-Teuer.-Zuschlag.

Den Schülerbibliotheken sei die Anschaffung in zahlreichen Exemplaren besonders empfohlen, um diese beim Unterricht unter möglichst viele Schüler verteilen zu können. Ebenso wird das Buch zu Prämien nützlichste Verwendung finden. (Jahresber. üb. d. höh. Schulwesen. XI. Jahrgang.)

Geh. Hofrat Prof. Dr. **P. v. Groth**

Chemische Krystallographie

In 5 Teilen. Gr.-8. In Leinen gebunden

I. Teil. Mit 389 Fig. im Text. (VIII, 626 S.) M. 20.—.
II. Teil. Mit 522 Fig. im Text. (VII, 914 S.) M. 32.—.
III. Teil. Mit 648 Fig. im Text. (IV, 804 S.) M. 30.—.
IV. Teil. Mit 828 Fig. im Text. (VIII, 581 S.) Geheftet M. 40.—. Geb. M. 48.—; Decke M. 5.—.
V. Teil (Schluß). Mit 955 Fig. im Text. (VIII, 1063 S.) Geh. M. 60.—. Geb. M. 69.—; Decke M. 5.—.
Auf vorstehende Preise 50% Verl.-Teuer.-Zuschlag.

Wir haben es hier mit einem Fundamentalwerk ersten Ranges zu tun, in dem unser ganzer dermaliger Besitz an kristallographischer Kenntnis der natürlichen und künstlich dargestellten chemischen Elemente und Verbindungen in nuce vollständig dargestellt ist, und das für jeden, der sich mit derartigen Studien befaßt, ein unentbehrliches Hilfsmittel darstellt. Zentralblatt für Mineralogie.

Mit Abschluß des Doppelheftes 5/6 des 55. Bandes der Zeitschrift für Kristallographie und Mineralogie geht die Schriftleitung von Herrn Professor Dr. Erich Kaiser auf Herrn Professor Dr. Paul Niggli, Direktor des Mineralogischen Institutes der Eidgenössischen Technischen Hochschule und der Universität in Zürich über.

Ihr Titel wird künftig lauten: (229)

Zeitschrift f. Kristallographie

(Kristallgeometrie, Kristallphysik, Kristallchemie)

Begründet von P. Groth. Herausgeber und Schriftleiter: Professor Dr. **Paul Niggli,** Zürich.

Erschienen sind bisher Band I—LV nebst Autoren- und Sachregister zu Band I—L zum Ladenpreis von M. 2080.50 und 100% Verl.-Teuer.-Zuschlag.

Probehefte stehen nach Erscheinen des 1. Heftes von Bd. LVI, Anfang 1921, auf Wunsch kostenlos zur Verfügung.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztewelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes

blutbildendes Eisenpräparat von höchster **Wohlbekömmlichkeit.**

Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G. m. b. H. & Cie., COLN a. Rh.

Theodor Fisher Verlag in Freiburg i. Br. 79, Kirchstr. 33

Leuckart-Chust:	Schroeder-Harpf:	Keller-Andreae:	Ulbrich:
Zoologische Wandtafeln	**Chemisch-Technolog. Wandtafeln**	**Tiere der Vorwelt Wandtafeln**	**Botanische Wandtafeln**

Prospekte auf Verlangen porto- und kostenfrei (228)

Die großen Handbücher

von Abderhalden, Abegg, Bredig, Dammer, Doelter, Gmelin-Krauth, Hertwig, Kolle-Wassermann, Lueger, Lunge, Muspratt, Richter, Rubner, Ullmann, Winkelmann u. a. **zur Erleichterung der Anschaffung** gegen bequeme Monats- oder **Quartalsraten** ohne Preisaufschlag von (225 III)

Hermann Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Strasse 75

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang — *Berlin*
Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche
Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

Verlag J. F. Bergmann in München

Demnächst erscheint:

Entwickelung, Bau u. Bedeutung der Keimdrüsenzwischenzellen

Eine Kritik der Steinach'schen Pubertätsdrüsenlehre

Von Dr. med. et phil. **H. Stieve**
Privatdozent an der Universität Leipzig
(Sonderdruck aus den Ergebnissen der Anatomie und Entwickelungsgeschichte Band XXIII)

Mineralien, Kristalle und Gesteine
Spez. vogtl. und sächs. Vorkommen
offeriert preiswert und in reicher Auswahl
Mineralien-Niederlage A. Jahn
Plauen i. V., Oberer Graben 9
Preisliste gratis.

Die Naturwissenschaften
1915, 1916
zu kaufen gesucht.

Angebote unter **Nw. 167** an die Expedition dieser Zeitschrift erbeten. (167)

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 3. Dezember 1920. Heft 49.

Vorgänge und Zustände und ihre Ableitung auseinander.

Kritische Anmerkungen zum Geschichtsproblem in der Biologie.

Von Hans Petersen, Heidelberg.

Von verschiedenen Seiten her ist in den letzten Jahren das Problem in Angriff genommen worden, die Begriffsbildung auch in der Biologie auf ihre Berechtigung und ihren tatsächlichen Gehalt hin zu prüfen. Besonders das Gedankengebäude, das mit dem Namen „Deszendenzlehre" zusammengefaßt wird, hat es sich gefallen lassen müssen, kritisch durchleuchtet zu werden. Wenn in den folgenden Zeilen ein neuer kleiner Beitrag dazu vorgelegt wird, so mag das bei der Fülle des bereits Vorhandenen überflüssig erscheinen. Ich glaube aber, daß eine Seite des Problems wohl von vielen gefühlt, von manchen gesehen, aber bisher meines Wissens nicht mit der nötigen Schärfe ausgesprochen wurde. Das Problem ist dieses: Wie können wir uns eine vergangene Wirklichkeit neu erstehen lassen, wie müssen wir das Bild des Vergangenen malen, wenn wir den Anspruch erheben wollen, es sei nicht ein reines Phantasieprodukt, sondern ein — wenn auch mit Irrtümern belastetes — Abbild des Vergangenen? Die Antwort kann nur lauten: Nach dem Vorbild erlebter Wirklichkeit. Dadurch ergibt sich als Antwort auf die Frage, ob wir jetzt ein solches Bild entwerfen können, für die Geschichte der Lebewesen auf der Erde, die *wirkliche* Zusammenhänge aufdeckt, ein rundes Nein. Dieses Nein gilt aber nur streng, wenn Biologie eine Naturwissenschaft im engeren Sinne ist, *nicht,* wenn biologisches Geschehen, auch das Formbildungsgeschehen, letzten Endes psychologisches Geschehen oder dem psychologischen Geschehen gleichartig ist. Nur bei vitalistischer, im besonderen entelechialer Auffassung des biologischen Geschehens ist die bisher getriebene Phylogenie, als Stammes*geschichte,* möglich, wenn auch immer noch eine sehr unsichere Angelegenheit.

Die nähere Prüfung dieser Gedanken ergibt, daß hier ein einfacher, aber vielfach übersehener erkenntnistheoretischer Zusammenhang vorliegt. Die folgenden Seiten sollen dazu dienen, auf diesen Zusammenhang und seine weitreichende Bedeutung für die Erkenntnis vergangener, gegenwärtiger oder künftiger Wirklichkeit hinzuweisen. Es ist ein logischer Grund, der es verhindert, aus dem *Vergleich von Organisationen eine Geschichte dieser Organisationen zu entnehmen,* nicht unsere bisher ungenügende Kenntnis oder die Lücken des Materials. Es soll zunächst versucht werden, diesen logischen Grundsatz, um ihn so zu nennen, streng und in seiner eigensten Bedeutung zu begründen. Wir unterscheiden dazu zunächst zwei Begriffe: Zustand und Vorgang.

Ein Vorgang ist eine Änderung eines Gebildes, Systems, und der Zustand ist die Beschaffenheit dieses Systems zu einem Zeitpunkt während dieser Änderung. Ich kann die Änderung schreiben: $A = f(t)$, d. h. die Beschaffenheit ist eine Funktion der Zeit. Nun setze ich: $t = t_1$, oder t_2, t_3 usw. Dann erhalte ich den Zustand des Systems, im Augenblick t_1, t_2, t_3 usw. Es ist hervorzuheben, daß aus dem so erhaltenen Ausdruck t verschwunden ist. Es ist nichts von der Zeit, keinerlei *„Änderung"* mehr darin. Nur so ergibt sich eine sinngemäße Definition des Begriffes Zustand. Der Zustand ist ein *Querschnitt* des Kontinuums, der Funktion $A = f(t)$[1]. Es mag bemerkt werden, daß man daran denken könnte, den Zustand nicht als Querschnitt auf die Zeit, sondern als Differentialquotient $\frac{dA}{dt}$ zu definieren. Das ergibt aber nicht den Sinn: Zustand = Momentbild aus dem Vorgang, sondern ist nur ein anderer Ausdruck für das Änderungsgeschehen, bezogen auf einen sehr kleinen Zeitabschnitt.

Wir wollen den gewonnenen Zustandsbegriff näher erläutern. A sei ein räumliches Gebilde, etwa ein Punkthaufen. (Wer Anschauliches liebt, möge sich einen Sternhaufen darunter vorstellen.) $A = f(t)$ gibt dann die Bewegung dieses Punkthaufens an, indem A eine vereinfachte Ausdrucksweise für alle Punktörter ist. Jedem Zeitpunkt ist ein Ort für jeden Punkt zugeordnet. Greifen wir jetzt einen Punkt heraus. Dann bezeichnen die drei Gleichungen $x = f_1(t)$, $y = f_2(t)$, $z = f_3(t)$ die Bahn des Punktes, seine Geschwindigkeit usw., kurz alles, was über seine Bewegung auszusagen ist. Diese Bewegung ist ein Raum-Zeit-Kontinuum. Ein Vorgang ist ein Raum-Zeit-Kontinuum und der Zustand ein Querschnitt dieses Kontinuums senkrecht zur Zeitachse.

Nehmen wir die Gleichung $x = f_1(t)$. Setzen wir z. B. $t = a$, dann wird z. B. $x = b$. Das bedeutet graphisch, daß wir die Kurve $x = f_1(t)$ senkrecht zur Abszisse, im Abstand a vom Nullpunkt quergeschnitten haben. Ist das Konti-

[1]) Gebrauch des Wortes nach *R. Poincaré* (1906).

nuum n-dimensional, so ist der Querschnitt $n-1$-dimensional, enthält also *nichts* mehr von der $n$ten Dimension, es läßt sich somit auch nichts aus ihm über die $n$te Dimension entnehmen. Ist mir ein Punkt gegeben, so erfahre ich nichts aus ihm über die Linie, deren Querschnitt er ist, denn er kann unendlich vielen Linien angehören. Dasselbe gilt für die Fläche als Querschnitt des räumlichen Kontinuums, dasselbe für den Zustand als Querschnitt des raum-zeitlichen Kontinuums Vorgang. Durch ein Kontinuum ist jeder seiner Querschnitte, aber durch einen Querschnitt niemals ein Kontinuum bestimmt. Auch durch eine noch so große Anzahl von Querschnitten ist ein Kontinuum niemals bestimmt, wenn nicht bekannt ist, 1) ob und 2) in welcher Reihenfolge sie zu a) einem oder b) mehreren Kontinuis gehören. Einen Punkthaufen kann ich zu unendlich vielen Kurven verbinden, wenn ich nicht Angaben habe, nach denen ich sie zusammenzusetzen habe. Diese Angaben können niemals dem Punkthaufen selbst, den ich erst zusammensetzen soll, entnommen werden (Begriff des Zirkelschlusses). Ein Zustand kann also der Querschnitt unendlich vieler Vorgänge sein, ein Haufen von Zuständen, *auch wenn sie zeitlich geordnet sind,* kann niemals zu Vorgängen vereinigt werden, wenn nicht gegeben ist, ob sie zu einem oder mehreren Vorgängen gehören, im letzten Fall, nach welchem System sie zusammengehören. Diese Angaben können niemals den Zuständen entnommen werden, die zusammengesetzt werden sollen. Geschieht das doch, so kann es nur auf Grund eines Postulates, a priori, geschehen.

Wenn ich weiter einen Zustand als einen *gewordenen* auffasse, so kann ich über den Weg (das Wie) des Werdens aus dem Zustand nichts entnehmen. Ich kann das nur durch eine *Analogie,* auf Grund von *Erfahrungen* über ein *Werden,* das zu einem ähnlichen Zustand führt, wie der gegebene[2]). Ebenso kann ich aus Zuständen nur einen Vorgang konstruieren a) auf Grund von Angaben eines Beobachters, der dabei war, wie eben diese Zustände durchlaufen wurden, oder b) nach der *Analogie* von Erfahrungen über *Vorgänge,* die als solche beobachtet wurden und Zustände wie die gegebenen durchliefen. Dabei kann die Berechtigung eines solchen Analogieschlusses wiederum nur die Erfahrung dartun. Im allgemeinen wird hierbei die Ähnlichkeit der gegebenen Zustände mit den Zuständen eines gegebenen, d. h. beobachteten Vorganges maßgebend sein für die Rekonstruktion des postulierten Vorganges. Wie weit hierbei die Unähnlichkeit gehen darf, kann wieder nur die Erfahrung zeigen.

Hier tritt der Begriff der Wahrscheinlichkeit auf. Das Maß für die Wahrscheinlichkeit, daß meine Schlußfolgerung richtig ist, wird durch das Verhältnis der beobachteten zu den erschlossenen Fällen gegeben, in unserem Falle der beobachteten zu den erschlossenen Vorgängen. Wahrscheinlich kann dabei also nur heißen: auf großer Erfahrung beruhend. (Dieser in der Naturwissenschaft allein mögliche Wahrscheinlichkeitsbegriff wird sehr oft mit denkbar oder nicht denkbar verwechselt.)

Wir können also das Gesagte dahin zusammenfassen: Wenn ich Zustände zu Vorgängen zusammensetzen oder einen Zustand als Stadium eines Vorganges deuten will, so muß ich zum mindesten über Vorgänge ähnlicher Art Beobachtungen besitzen, irgendwann und irgendwo muß ich oder ein anderer bei einem dem zu rekonstruierenden vergleichbaren Vorgang dabei gewesen sein oder zugesehen haben.

Die ganze Ableitung gilt genau so, wenn der zu rekonstruierende Vorgang ein *Vorgang zweiter Ordnung* ist. Gegeben sei eine Reihe von Abläufen $A_1 = f_1(t)$ usw. (Vorgänge erster Ordnung). Diese Abläufe seien Wiederholungen voneinander, also: $f_1(t) = f_2(t)$ usw. Das Ganze ist also ein periodisches Geschehen, und eine Periode hänge mit der andern zusammen wie die Schläge eines Pendels. Nun sollen die Perioden sich ändern, allmählich oder sprunghaft, gleichsinnig oder ungleichsinnig oder alles zusammen. Dann habe ich ein neues Geschehen vor mir, die Änderung einer Vorgangskette: Vorgang zweiter Ordnung. Die einzelne Periode verhält sich dann gegenüber dem Vorgang zweiter Ordnung genau wie der Querschnitt zum Kontinuum, und alles hierüber Entwickelte gilt. Zur Rekonstruktion von Änderungen der Perioden brauche ich Erfahrungen über *Änderungen* der Perioden, Erfahrungen über Nichtänderungen der Perioden, also nur die Perioden selber, wie auch über noch so viel verschiedene Perioden nützen mir gar nichts.

Wie aber von einem Vorgang zweiter Ordnung auf einen anderen Vorgang zweiter Ordnung, so kann von einer Periode auf die andere, von einem Zustand auf den andern geschlossen werden[3]).

Diese eigentlich selbstverständlichen Sätze sind maßgebend, wenn man zur *Erfassung einer vergangenen Wirklichkeit* gelangen will. Die vergangene Wirklichkeit kann nur nach Analogie erlebter Wirklichkeit rekonstruiert und gedeutet werden. Das ist der Sinn des Satzes, den *G. F.*

[2]) Wem das nicht ohne weiteres einleuchtet, dem sei die Fiktion einer Debatte folgender Art gegeben:
Gegeben ein Sosein (Zustand).
A behauptet davon ein Gewordensein. B fragt nun so lange und immer wieder, woher A das wisse, bis A mit Erfahrungstatsachen (Analogie) herausrückt oder bei einem Sic volo endigt.

[3]) Ein gutes Beispiel ist die Cuviersche Beutelratte im Pariser Grobkalk, aus deren Schädel er die Beutelknochen prophezeite. Jede Rekonstruktion eines unvollständigen Fossils nach Erfahrungen über den Bau lebender Tiere ist ein logisch vollkommen einwandfreies Unternehmen.

Lipps einmal geschrieben hat (ich kann nicht mehr finden wo und wann), nämlich daß das *„Hier"* und das *„Jetzt"* der Angelpunkt für jeden Begriff von Wirklichkeit sei. Was nicht durch eine Analogie an das Hier und das Jetzt angeschlossen werden kann, kann auch nicht mit irgendeinem Grade von Wahrscheinlichkeit als etwas Wirkliches oder wirklich Gewesenes angenommen werden. Es bleibt ein reines Spiel der Phantasie.

Daraus erhellt die Bedeutung unserer Betrachtung für die Art, wie wir abgelaufene, vergangene Tatsachen erschließen. Sie ist also maßgebend für jede gedankliche Operation, die aus Zuständen, Momentbildern, ein Geschehen ableitet. In der Biologie ist man vielfach nicht in der Lage, Vorgängen zuzuschauen. In der Histologie und der Embryologie werden aus mikroskopischen Schnittpräparaten Vorgänge abgeleitet. Es ist ohne weiteres klar, daß hier nur die Analogie von wirklich beobachteten Vorgängen für die Ableitung maßgebend sein kann, wenn nicht anderweitig die Zusammengehörigkeit und Deutung der Bilder sichergestellt werden kann, z. B. aus Sammlungsdaten und ähnlichem. *Schaxel* hat dieses Problem gesehen und dem Problem der „Seriation" der Bilder eine besondere Bedeutung geschenkt (1915). Das formalanalytische Experiment *W. Rouxs* hat ebenfalls die Bedeutung, das *Wie* eines Vorganges, den man nicht unmittelbar beobachten kann, festzulegen.

Wie verhält es sich nun aber mit dem Ablauf der Geschichte des Lebendigen auf der Erde? Man weiß, daß *Darwin* von *Lyell* weitgehend beeinflußt wurde, daß dessen Buch ihn auf seiner Weltreise begleitete. *Lyells* Tat in der Geologie war gerade die Anknüpfung an das *Hier* und das *Jetzt*. Die Vorgänge, die *jetzt* vor meinen Augen (hier) die Erdoberfläche verändern, sie sind es auch gewesen, die früher wirksam waren. Alle die gewaltsamen Geschehnisse, die nie und nirgendwo von irgendwem beobachtet wurden, sind Phantasiegebilde, sie sich auszudenken und wirken zu lassen, gibt keine Grundlage für eine Erdgeschichte als Wissenschaft. Das war der Kernpunkt der Lyellschen Lehre. Man vergleiche z. B. eine Schilderung von *A. v. Humboldt* aus seiner südamerikanischen Reise, wo er in den Cordilleren von Caracas eine Schlucht durch das Bersten von Felsen und durch plötzlichen Durchbruch riesiger Wassermassen entstehen läßt, während wir heute (nach *Lyell*) einzig und allein die langsame Arbeit des Wassers auch die tiefste Schlucht auswaschen lassen. *Darwins* Gedankengänge waren ganz im Lyellschen Sinne gehalten (siehe *Schaxel*, 1919, S. 8). Der Gedanke einer Geschichte der Fauna und Flora auf der Erde wird durch die Überreste von Tieren und Pflanzen in dem Gestein zwingend gemacht. Die Generation vor ihm hatte mit den Lusus naturae aufgeräumt. Auch das war ganz im Sinne des „Hier" und „Jetzt" gehandelt: Man zeige mir, daß Muschelschalen im Boden entstehen, sonst muß ich annehmen, wovon allein ich Kunde habe, nämlich, daß die Muschelschale nur auf dem Mantel einer Muschel entsteht. Zeigen weiter die ausgestorbenen Tiere Verschiedenheiten von den jetzt lebenden, so werden trotzdem wohl die jetzt lebenden von jenen Verschiedenen abstammen müssen, denn anders, als daß aus Eiern und Samen anderer Tiere, ihrer Vorfahren, neue Tiere und Pflanzen entstehen, hat noch niemand nachgewiesen. Daraus folgt unmittelbar der Deszendenzgedanke. Es war mir nur darum zu tun, dessen unanfechtbare logische Struktur an sich nachzuweisen.

Wie ist es aber mit der Phylogenie? *Darwin* hat selbst keinerlei Stammbäume aufgestellt. Er suchte vielmehr, als der große Erforscher der lebenden, wirklichen Natur, nach dem „Hier" und dem „Jetzt" einer Entstehung neuer Arten. Er fand das Gesuchte in den Haustieren. So, sagte er, ganz im Lyellschen Sinne, wie hier in England und vor meinen und meiner Gewährsmänner Augen neue Rassen von Pflanzen und Tieren entstehen, so werden sie wohl auch früher entstanden sein. Jedenfalls kann ich die Erfahrungen über die heutigen Vorgänge benutzen, um auf frühere Vorgänge derselben Art zu schließen.

Es tut dem Andenken *Darwins* als eines der gedankenklarsten Forscher und der größten Beobachter keinen Abbruch, wenn man zugibt, daß seine Ansichten über die Entstehung der Haustierformen nicht richtig waren. Man weiß, er hat sein Leben lang weiter beobachtet, gezüchtet und experimentiert, um zu neuen Tatsachen zu gelangen. Die Sachlage ist so, daß wir nur ganz wenige Fälle haben, wo eine genotypische Änderung, ein neuer Artcharakter vor unseren Augen entstanden wäre (der zu beobachtende Vorgang zweiter Ordnung). Wir haben nur kleine und kaum brauchbare Stücke einer Phylogenie, eines Stammbaumes in der Hand, und als Analogiebasis für die Stammbaumgeschichte sind sie äußerst schwierig zu verwenden. Alle Geheimnisse der Vererbungslehre und Entwicklungsmechanik haben sich vor das Problem der Phylogenie geschoben (vgl. vor allem *Johannsen* [1915] und *Spemann* [1915]).

Schon bald nach dem Erscheinen von *Darwins* Buch wurde versucht, über den Ablauf der Geschichte des Lebens und das Auseinanderhervorgehen der verschiedenen Tierformen eine Vorstellung zu gewinnen. Es kann kein Zweifel sein, daß das ein Unternehmen war, das ein außerordentlich anziehendes und prächtiges Bild einer Kette von Geschehnissen entrollte und den Blick in bisher ungeahnte Zusammenhänge und Zeiträume zurückschweifen ließ. Es ist aber weiterhin bekannt, daß man einfach das von der idealistischen Morphologie gelieferte System dazu verwandte. *Naef* (1919), *Schaxel* (1919) u. a. haben das ausführlich behandelt. Die Phylogenie, die Stamm-

baumlehre, erschien dann als das eigentliche Ziel der Biologie (*Rádl* 1915). Es mag hier nur noch hinzugesetzt werden, daß diese Umdeutung eines Begriffssystems in geschichtliche Wirklichkeit der Gedankenwelt der Hegelschen Philosophie angemessen war. Durch begriffliche Bearbeitung des Gegebenen wurden neue Erkenntnisse geschaffen. Es wurde durchaus im Geiste der dialektischen Methode geglaubt, durch Denkarbeit mehr aus den Tatsachen herausholen zu können (eine neue Dimension) als in ihnen steckt. Dabei gingen eine Menge unausgesprochener Voraussetzungen mit. Auch diese Dinge sind vielfach behandelt worden. Eine Anknüpfung an ein Hier und Jetzt wirklich beobachteter Abstammung wurde wohl nirgends versucht. Es ist verständlich, daß bald verschiedene Ergebnisse zutage traten. Es sei an neuere derartige Versuche erinnert. *Jaeckel* (1911) z. B. hat den Stammbaum vollkommen anders konstruiert, als es bisher üblich war. Es kann ihm niemand einen logischen Fehler nachweisen. Er wertet eben die Merkmale anders. Welche Merkmale für die Konstruktion von Stammbäumen maßgebend sind, könnte eben nur aus einer Erfahrung über Stammbäume entnommen werden, und zwar über Stammbaumstücke, die man als Vorgänge sichergestellt, d. h. miterlebt hat.

Die Ableitung geschieht nach dem Prinzip der Ähnlichkeit. Diese Ähnlichkeiten überkreuzen sich bekanntlich in der mannigfachsten Weise (sogen. Konvergenzproblem). Es ist bekannt, daß die sogen. polyphyletische Auffassung von Formengruppen, z. B. der Edentaten und Nager, heute vielfach vertreten wird. Der eine erklärt für Konvergenz, was der andere für Abstammungsmerkmal hält. Wo ist die Erfahrung, die hier Klarheit schafft? Sie fehlt, denn „es ist eben noch niemand dabei gewesen". Systematische Verwandtschaft heißt Ähnlichkeit einer bestimmten, im Grunde willkürlich festgesetzten, Art. So wird dann auch Ähnlichkeit = Verwandtschaft gebraucht, dann Verwandtschaft = genealogische Verwandtschaft; beide Begriffe einander gleichgestellt und — die dialektische Erschleichung ist fertig. *Johannsen* hat auf die Gumminatur des Begriffes der Verwandtschaft aufmerksam gemacht. Auch andere haben diesen Begriff behandelt (*Lewin*, 1920, *Rauther*, 1910). Es erübrigt sich daher, darauf einzugehen. Was in der Phylogenie näher und weiter verwandt bedeuten soll, bleibt völlig unklar. In der Genealogie ist das Maß die Generationenzahl, die beide Individuen trennt. Gewöhnlich heißt der Begriff weiter nichts als ähnlich. Aber was hat Ähnlichkeit mit Verwandtschaft (genealogischer) zu tun? Das muß doch erst einmal festgestellt werden! Man müßte also, um das Stammbaumproblem mittelst der vergleichenden Anatomie lösen zu können, von einer vergleichenden Anatomie der Mutationen und ihrer Stammformen ausgehen. Daß hier die Ontogenie nicht weiter hilft, ist aus der Erörterung über die Vorgänge zweiter Ordnung ohne weiteres klar. Änderungen der Ontogenie können eben nur aus Erfahrungen über Änderungen der Ontogenie geschlossen werden. Es gibt eine solche Arbeit. *Du Toit* hat 1913 eine von *Lang* angeregte Studie über die Anatomie und Entwicklung des Kaulhuhns veröffentlicht. Das Kaulhuhn ist ein schwanzloses Huhn, nach *Du Toits* Angaben durch eine Mutation aus dem gewöhnlichen Haushuhn entstanden.

Hier zeigt sich, daß nicht etwa der Schwanz allmählich rückgebildet wird, sondern mit einer genotypischen Änderung ist eine Schwanzlosigkeit mit weitgehender Umbildung der Schwanzgegendanatomie erreicht. Gleichzeitig ist die Embryologie untersucht. Auch hier wird nichts rückgebildet, sondern der Schwanz ist einfach nicht vorhanden.

Ein solcher Fall ist geeignet, unsere Vorstellungen von Stammbäumen, hypothetischen Zwischenstufen, die Entstehung „rudimentärer Organe" usw., sehr problematisch erscheinen zu lassen. Wo bleiben da die langsame Umbildung und die kleinen Änderungen? Hier ist der Sprung so groß, daß man in zwei bis drei Dutzend solcher Sprünge aus einem Huhn ich weiß nicht was für ein Geschöpf machen könnte. Nun kann man allerdings sagen, *ein* solcher Fall ist allein nicht maßgebend. Wo aber sind die anderen Fälle, die andere Wege der Phylogenie wahrscheinlich machen? Wir wissen, daß irgendeine sichtbare Anatomie sozusagen der Ausdruck, die phänotypische Reaktion auf die Außenumstände, einer genotypischen Beschaffenheit der befruchteten Eizelle ist. Nun kann man vielleicht annehmen, müßte es allerdings experimentell beweisen, daß kleine Änderungen im Genotypus, d. h. im Keimplasma, leichter auftreten als größere, daß hier eine nahezu stetige Änderung, in kleinsten möglichen Etappen, vorausgesetzt werden darf. Welcher Art dann aber die zugeordnete phänotypische Verschiedenheit ist, ist unbekannt. Was bekannt ist, z. B. die erblichen Abänderungen der Leptinotarsen *Towers*, zeigt große Unstetigkeit, ebenso die Mutationen. Einem kleinen Schritt in der genotypischen Konstitution kann sehr wohl ein großer Schritt in der Anatomie des erwachsenen Tieres oder irgendeines Embryonalstadiums zugeordnet sein. Was wir wissen, spricht für alles, nur nicht für die Berechtigung vor allem der berühmten hypothetischen Zwischenstufen.

Man begegnet in der Phylogenie oft der Argumentation, daß man diesen Zusammenhang „denken könne", einen anderen nicht. Hieraus wird dann ein Begriff der Wahrscheinlichkeit abgeleitet. Wahrscheinlich ist das, was sich denken läßt, das andere unwahrscheinlich. Es folgt aus dem früher Gesagten, daß dieser Wahrscheinlichkeitsbegriff in einer reinen Naturwissenschaft gänzlich unmöglich ist. Hier werden logische

Postulate, die Befriedigung logischer Bedürfnisse für maßgeblich erachtet, wo es doch nur die Erfahrung sein könnte.

Nun kommt in der Geschichte des Menschen und seiner Kulturerzeugnisse ein Begriff der Wahrscheinlichkeit vor, der mit diesem logischen Bedürfnis im Zusammenhang steht. Man bezeichnet ihn am besten als „innere Wahrscheinlichkeit". Diese innere Wahrscheinlichkeit ist psychologische Wahrscheinlichkeit. Das Geschehen in der menschlichen Geschichte ist seelisches Geschehen. Das gilt für jede Geschichtsauffassung, denn immer ist es die Wirkung irgendwelcher Ereignisse auf menschliches Seelenleben, was die eigentliche *Menschen*geschichte ausmacht. Dadurch, daß wir menschliches Denken, Fühlen, Wollen, Leiden und Freuen, und die dunklen Triebe und Zwänge, die wir heute an uns und anderen erleben, auch für jenes vergangene Menschenleben voraussetzen, wird uns jene Geschichte nacherlebbar, nachdenkbar. Die Analogie vom eigenen Ich und den eigenen Zeitgenossen ist das Werkzeug, mit welchem wir jenen vergangenen Zeiten zu Leibe gehen. Auch die Rekonstruktion der Geschichte des Menschen und seiner Erzeugnisse mit ihrer inneren, d. h. psychologischen Wahrscheinlichkeit, ist an das Hier und das Jetzt geschmiedet.

Nun wird allerdings, je unähnlicher die fernen Zeiten und fremden Menschen uns selbst und unseren Zeitgenossen werden, diese Konstruktion um so zweifelhafter. Mir liegt das bekannte Buch von *W. Wundt* vor, Elemente der Völkerpsychologie (1913). Man kann sich des Eindrucks nicht erwehren, daß das alles zwar außerordentlich fesselnd und logisch befriedigend ist, jedoch, wenn man fragt, ist das alles wirklich so gewesen, haben sich die Kulturen denn wirklich so und nicht anders auseinander entwickelt, so kann man sich des Gedankens nicht erwehren, daß manches nach logischen Bedürfnissen des modernen Europäers konstruiert, ausgedacht ist, daß aber manches auch ganz anders gewesen sein kann. Nun liegen allerdings über geschichtliche Wandlungen mannigfache Zeugnisse über Zusammenhänge vor. Aufstieg, Wandlung und Verfall alter Kulturen sind aus den gleichzeitigen Nachrichten und Denkmälern ersichtlich. Aber so häufig steht an entscheidender Stelle ein Postulat, nicht eine Erfahrung, wenn z. B. Übernahme von kultischen Gebräuchen, künstlerischen Ausdrucksformen von einem Volk zum andern aus dem *Vorkommen* von Zuständen entnommen wird, ohne das unmittelbare Zeugnis Eines oder Mehrerer, die bei dieser *Wandlung*, dem Vorgang, dabei gewesen.

Ein Beispiel mag vielleicht dieses, übertrieben scheinende, skeptische Bedenken rechtfertigen.

Bastian unterschied Völkergedanken und Menschheitsgedanken. Menschheitsgedanken sind solche Kulturgüter, die jeder Mensch von sich aus finden kann und findet, Völkergedanken solche, die einmal gefunden und dann weiter gegeben sind. Was ist aber Menschheitsgedanke, was Völkergedanke? Das kann man doch auf Grund psychologischer Überlegung schwerlich finden; Wandlungen von Kulturen sollten wohl eigentlich aus Erfahrungen über Wandlungen von Kulturen erschlossen werden.

Hier hat sich neuerdings eine sehr interessante Tatsache entwickelt. Im psychiatrischen Institut in Heidelberg ist eine Sammlung von Zeichnungen, Malereien und Schnitzereien — also Kunsterzeugnissen — zusammengebracht worden[4]), die von Geisteskranken — meist Schizophrenen — im Laufe der letzten Jahrzehnte angefertigt sind. Es handelt sich um deutsche und schweizerische Patienten. Unter den Schnitzereien befinden sich Gegenstände, die nach Ansicht erfahrener Ethnographen sehr weitgehende Übereinstimmung mit Erzeugnissen fremder Kulturkreise, Polynesien, Papua, Nordwestamerika, aufweisen. Sie sind nachweislich in badischen Irrenhäusern von Patienten angefertigt, die von jenen fremden Kulturen keinerlei Kenntnis haben. Hier taucht das sogenannte Konvergenzproblem auch in der Kulturgeschichte auf. Was bleibt denn mit Sicherheit noch Entlehnung, wenn solche speziellen Dinge unabhängig voneinander entstehen können? Die ganzen Fundamente, auf denen die Vorstellungen von Wandlungen und Entlehnungen bei Kulturen und Völkern aufgebaut sind, geraten ins Wanken. Jedenfalls muß der Kreis der Menschheitsgedanken bedeutend erweitert werden.

Wir hatten gesehen, daß die Konjektur, die Konstruktion geschichtlicher Zusammenhänge nach innerer — psychologischer — Wahrscheinlichkeit in der Geschichte, als dem Geistesleben der Menschen, eine Berechtigung hat. Wenn diese innere Wahrscheinlichkeit auch für die Rekonstruktion der Geschichte der Lebewelt Geltung besitzen soll, so ist das nur möglich bei einem vollständigen, d. h. entelechialen, Vitalismus. Die Anerkennung einer Geschichte der Lebewesen auf der Erde überhaupt ist wohl bei jeder Anschauung möglich.

Ist die Formbildung das „sich auswirken" einer Entelechie, so ist die Geschichte der Formbildung die der formbildenden Potenzen der Entelechie. Es ist also zulässig, hier den Maßstab der inneren Wahrscheinlichkeit, des Sich-denkenkönnens, anzulegen. Die Entelechie, die sich ihren Körper gestaltet, muß dann im Prinzip so gedacht werden, wie ein Mensch, der sich ein Haus baut. Die Geschichte besteht dann darin, daß die Häuser, die die sich wandelnden Entelechien bauen, verschieden sind. Das Verhältnis

[4]) Von Herrn Dr. *Prinzhorn*, der auch schon vieles daraus in Vorträgen bekanntgemacht hat. Diese Sammlung hat das Interesse von Ethnographen und Kunsttheoretikern begreiflicherweise sehr erregt. Ich bin Herrn Dr. *Prinzhorn* zu Dank verpflichtet, einen Gedankengang, der sich auf diese Sammlung bezieht, hier entwickeln zu können.

von der Entelechie zum Körper wäre dasselbe, wie bei der Johannsenschen Auffassung das Verhältnis von der genotypischen Konstitution zum Körper. Zwischen dem Gebäude und dem Baumeister besteht ein gesetzmäßiger Zusammenhang, das Gebäude (Phänotypus) ist aus dem Zusammentreffen, sozusagen dem Konflikt, zwischen Entelechie (genotypischer Konstitution) und den Bedingungen der Umwelt entstanden. Wenn sich die Grundlage des Ganzen, Entelechie oder genotypische Konstitution, ändert, so ändert sich auch das Produkt, der Körper. Die Geschichte des Körpers ist also auch die Geschichte der Entelechien. Nun bleibt allerdings auch hier die Lücke bestehen zwischen dem periodischen Geschehen und der Änderung des periodischen Geschehens. Jedoch können mit größerem Recht als bei nicht vitalistischer Auffassung Leitgedanken psychologischer Art festgehalten werden, darüber, wie die Änderung der Bauweise erfolgt. Es kann nach Analogie der Herstellung menschlicher Kulturgüter — Erfindungen und Verbesserungen der Technik z. B. — angenommen werden, daß die vorhandene Bauweise sich in kleinen Schritten ändert, daß und wie gewisse Grundgedanken des Bauplanes festgehalten, welches diese Grundgedanken sind, daß von gewissen Bauweisen aus es ein Zurück nicht mehr gibt (*Abel, Dollo*) usw.

Daß auch dieser Weg, die Anwendung logischer oder psychologischer Postulate, Fallgruben hat, zeigte der kurze Ausblick auf die Konstruktion ethnologischer Zusammenhänge. Ich möchte aber auch darauf hinweisen, daß die logischen Postulate schon bei der Formbildung (nicht der Änderung der Formbildung) eine mißliche Sache sind. Die Amphibien z. B. nehmen mit ihren Linsen-Bildungs- und -Regenerationspotenzen nach unseren bisherigen Erfahrungen sehr wenig Rücksicht auf das, was wir modernen Mitteleuropäer uns denken können oder mögen.

Es ist aber noch eine Möglichkeit vorhanden, die Geschichte der Lebewesen an das Hier und Jetzt des eigenen seelischen Geschehens anzuschließen. Das ist die Möglichkeit, die ganze Geschichte alles Lebendigen auf unserer Erde als das sich Auswirken eines überindividuellen Seelischen (*Becher* 1917) aufzufassen. Nach den Auffassungen *Bechers* (vgl. auch *Driesch* 1917, S. 112), denen sich auch *Wasmanns* Gedanken zuordnen lassen, könnte das der Fall sein. Dieses überindividuelle Seelische wird dann nach dem Bilde des Menschen gedacht und wirkt sich, im Prinzip menschlichem, künstlerischem Schaffen und Gestalten vergleichbar, in Tausenden und Abertausenden von Formen und Betätigungen aus.

Wir sind stark ins Reich der Metaphysik geraten. Die Wissenschaft von den Stammbäumen, die Phylogenie, rühmt sich, unmetaphysisch, sogar avitalistisch zu sein. Damit aber schneidet sie sich den letzten dünnen Zweig ab, durch den sie Verbindung mit der Wirklichkeit, mit dem *Hier* und dem *Jetzt* haben könnte.

Es ist in diesen Zeilen vermieden worden, die Ansichten gewisser großer Naturforscher — ich denke z. B. an *E. Haeckel* — unmittelbar in die Diskussion zu ziehen. Was im Jahre 1866 eine kühne Tat war, alte Vorurteile endlich beseitigte und Ausblicke eröffnete, kann jetzt nicht mehr in derselben Weise als Maßstab gelten. Jene zeichneten ein Bild in großen Strichen, wie die Entwicklung der Lebewelt sich wohl hat abspielen können. Von diesem Bild läßt sich nicht beweisen, es sei irgendwie wahrscheinlich, dasselbe gilt von allen andern Bildern. Freuen wir uns seines grandiosen Wurfes, aber lassen wir es auf sich beruhen.

Vielleicht erfahren wir, wenn wir erst besser wissen, wie die Einzelform entsteht, auch wie die Entstehung der Einzelform sich ändert, welche Gesetze und Regeln zwischen Stammform und Mutation herrschen. Dann bekommen wir vielleicht das Stück phylogenetischer Entwicklung in die Hände, nach dessen Vorbild wir per analogiam uns jene fernen Vorgänge aus den allein überlieferten Zuständen rekonstruieren können.

Literatur:

1. *Poincaré*, Wissenschaft u. Hypothese. Teubner, Leipzig, 1906.
2. *Schaxel*, Die Leistungen d. Zellen b. d. Entw. d. Metazoen. Jena 1915.
3. Ders., Grundzüge der Theorienbildung in d. Biologie. Jena 1919.
4. *Johannsen*, Experim. Grundlagen d. Descendenzlehre i. Kultus d. Gegenwart, Teil III, IV, *1.* Bd., Allgem. Biologie. Leipzig 1915.
5. *Spemann*, Begriff d. Homologie, ebendort 1915.
6. *Rádl*, Geschichte d. Biologie, ebendort 1915.
7. *Naef*, Idealistische Morphologie u. Phylogenetik, Jena 1919.
8. *Jaeckel*, Die Wirbeltiere. Berlin 1911.
9. *Lewin*, Verwandtschaftsbegriff i. Biologie u. Physik. Berlin 1920. Abhandl. zur theoret. Biologie, herausgegeb. von *Schaxel*.
10. *Rauther*, Über d. Begriff d. Verwandtschaft, Festschrift f. *Spengel* Bd. *III*, S. 69. Jena 1912, Zool. Jahrbücher Suplement.
11. *Du Toit*, Über das Kaulhuhn, Jenaische Zeitschrift f. Naturwissenschaft, Bd. *49*. 1913.
12. *Driesch*, Wirklichkeitslehre. 1917.
13. *Becher*, Über individuelle Zweckmäßigkeit der Pflanzenzellen. Leipzig 1917.

Der Nachweis der Verjüngung.

Von A. Pütter, Bonn.

Im Anschluß an die Untersuchungen von *Steinach* (7)[1]) ist in letzter Zeit viel von „Verjüngung" die Rede. Es soll die Aufgabe der folgenden Zeilen sein, den Inhalt dieses Begriffes etwas genauer zu umgrenzen und zu zeigen, welche methodischen Schwierigkeiten ein exakter Nachweis von Verjüngungsvorgängen bereitet.

Zunächst eine allgemeine Bemerkung über den Begriff: als „verjüngt" wird man dem Wortsinne nach ein Tier bezeichnen, auf das wieder die all-

[1]) s. auch das Referat von *Stieve* in Heft 33 dieses Bandes.

gemeinen Aussagen zutreffen, die für junge Tiere gelten, nachdem sich das Tier vorher wie ein „altes" Tier verhalten hatte. Die Aussagen können sich auf sehr verschiedene Eigenschaften beziehen: auf das *Aussehen*, auf den *Bau* der Organe und Gewebe, bis hinab zur feinsten mikroskopischen Struktur der einzelnen Zellen, auf die *Lebensäußerungen*, und zwar auf den *Betriebsstoffwechsel*, wie er sich im Sauerstoffverbrauch, in der Arbeitsfähigkeit der Muskeln und Drüsen, in der Erregbarkeit der Sinneszellen und Nervenzellen usw. zeigt, wie auf die Lebensäußerungen, die als *Baustoffwechsel* bezeichnet werden und im Ersatz verloren gehender Baustoffe, im Neuaufbau von Baustoffen, d. h. im *Wachstum* und in der *Zellteilung* zum Ausdruck kommen; endlich auf die gesamte Widerstandsfähigkeit gegen äußere Schädigungen, die durch die *Sterblichkeit* gemessen wird und von maßgebendem Einfluß auf die *Lebensdauer* ist. Treffen alle Zeichen des jungen Tieres bei dem „verjüngten" zu, so würden wir von *Vollverjüngung* sprechen, treffen nur einzelne zu oder sogar nur einzelne an bestimmten Teilen des Tieres, so werden wir von *Teilverjüngung* reden.

Man pflegt zu sagen, daß bei der Fortpflanzung eine „Verjüngung" stattfinde. Dabei aber ist zu beachten, daß nicht das *Individuum* verjüngt wird, daß vielmehr ein *neues* Individuum entsteht, das *jung* ist. Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung ist der Augenblick der Entstehung des neuen Individuums leicht festzulegen, es ist der Augenblick der Verschmelzung der beiden Geschlechtszellen zur befruchteten Eizelle. Bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung kann große Meinungsverschiedenheit darüber herrschen, ob und wann ein neues Individuum entstanden ist, und dementsprechend wird man in ganz verschiedenem Sinne von Verjüngung sprechen. Sobald ein neues Individuum entsteht, hat es keinen guten Sinn mehr von „Verjüngung" zu reden, denn das *neue* Individuum *war nie alt*. Es ist also wohl nicht ganz begrifflich scharf, wenn man bei der geschlechtlichen Fortpflanzung von Verjüngung spricht, und bei der ungeschlechtlichen hängt die Berechtigung der Anwendung des Begriffes von der Umgrenzung des Begriffs *„Individuum"* ab.

1. Verjüngung bei niederen Tieren.

Bei niederen Tieren sind mehrfach Vorgänge beschrieben, die als Verjüngung bezeichnet werden. Meist handelt es sich dabei um das Auftreten reichlicher Zellteilungen im Anschluß an umfangreiche Verstümmelungen, also um Regenerationsvorgänge. *Korschelt* (5) beschreibt, wie sich beim Regenwurm aus Teilstücken, die nur wenige Körperringe umfassen, ausgedehnte Regenerate bilden, in denen alle die normalen Organe des Regenwurms neu gebildet werden. Dabei muß eine Einschmelzung alten Zellmaterials, seine Umbildung zu einem indifferenten Regenerationsgewebe und dann unter beträchtlicher Vermehrung der Zellenzahl seine Ausgestaltung zu den neuen Organen der regenerierten Körperteile stattfinden. „Junge, beinahe embryonal erscheinende Teile sind also aus alten, schon mehr oder weniger abgebrauchten hervorgegangen, so daß man in Wahrheit von einem Verjüngungsprozeß sprechen kann", sagt *Korschelt* (5, S. 103). Wenn die Verstümmelungen, an die sich die Neubildung von Organen anschließt, nicht künstlich gesetzt werden, sondern wenn die Tiere sich selber verstümmeln, z. B. durch besondere Muskelkontraktionen ihren Körper in mehrere Stücke zerbrechen, deren jedes wieder zu einem ganzen Tiere heranwächst, so rechnen wir eine solche Erscheinung zu den besonderen Formen der Fortpflanzung auf ungeschlechtlichem Wege, die wir „vegetative" Fortpflanzung nennen, da sie bei den Pflanzen (bei der Vermehrung durch Stecklinge, Ausläufer usw.) besonders verbreitet ist. Bei einer Anzahl von Würmern (z. B. Lumbriculus aus unseren stehenden Süßwässern oder Ctenodrilus aus dem Meere) ist die Selbstverstümmelung mit folgender Regeneration zu einer normalen Art der Fortpflanzung geworden, und wir können hier mit noch besserem Recht, wie im Falle des Regenwurms, von „Verjüngung" sprechen, denn während die ganzen Wurmindividuen nach vergleichsweise kurzer Zeit dem Tode verfallen wären, leben sie in ihren regenerierten Bruchstücken auf alle Fälle sehr viel länger, ja vielleicht unbegrenzt lange, d. h. es würde eine „Verjüngung", wie sie sonst in der Nachkommenschaft zu beobachten ist, die aus *Geschlechtszellen* hervorgeht, hier bei Individuen zustande kommen, die aus *Gewebszellen* von mehr oder weniger spezialisierter Organisation hervorgegangen sind.

Daß sich solche verjüngten Tiere, die aus Bruchstücken älterer herangewachsen sind, auch funktionell wie junge Tiere verhalten, dafür können wir eine Beobachtung von *Child* (2) an dem Strudelwurm *Planaria dorotocephala* anführen. *Child* fand, daß kleine, d. h. junge Würmer viel widerstandsfähiger gegen Alkohol (in einer Konzentration von 1,5 %) sind als größere, ältere; und konnte weiter zeigen, daß Tiere, die durch Regeneration kleiner Teilstücke eines alten Wurmes entstanden waren, sich in ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Alkohol wie jüngere Tiere verhielten.

Alle diese Fälle von „Verjüngung" haben das eine gemeinsam, daß im Mittelpunkte des Geschehens ausgedehnte *Zellteilungen* stehen, die an einem Zellenmaterial ablaufen, das unter gewöhnlichen Bedingungen, d. h. solange der Gewebsverband erhalten ist, gar keine oder nur noch sehr spärliche Teilungen ausführen. Das „verjüngte" Gewebe besteht also in allen den angeführten Beispielen gar nicht mehr aus *denselben* Zellindividuen, die das alte Gewebe aufbauten. Dabei ist nicht immer klar, ob es wirklich die

„alten" Zellen gewesen sind, die sich in embryonale, jugendliche, Zellen *umgewandelt* und eifrig geteilt haben, oder ob in den „alten" Geweben noch *Nester embryonaler Zellen* vorhanden waren, die zur *Vermehrung angeregt* wurden, als die Bedingungen des Gewebsgleichgewichtes gestört wurden. Würde sich die Herkunft der Zellen des neuen Gewebes aus solchen embryonalen Zellen nachweisen lassen — wie es schon in einzelnen Fällen geschehen ist —, so wäre es nur in sehr abgeleitetem Sinne berechtigt, von „Verjüngung" zu sprechen, nämlich nur insofern, als die neu entstandenen *Organe* sich so verhalten würden, als gehörten sie einem jüngeren Individuum an. Eine Verjüngung der einzelnen *Zellen* hätte *nicht* stattgefunden, und da wir in Physiologie und Pathologie gewohnt sind, das Lebensgeschehen bis zu den Elementarorganismen hin zu verfolgen und deren Verhalten als maßgebend für das Wesen eines Vorganges anzusehen, so ließe sich darüber streiten, ob es zweckmäßig ist, den Begriff der Verjüngung auf solche Vorgänge anzuwenden oder ob nicht wenigstens zwischen Zellverjüngung und Organverjüngung unterschieden werden müßte, wobei dann noch weiter zu erörtern wäre, inwieweit durch eine Verjüngung einzelner Organe (Teilverjüngung durch Zellneubildung) ein ganzer Organismus verjüngt werden könnte.

Das Leben eines Organismus als Ganzes ist begrenzt durch die Lebensdauer des *kurzlebigsten lebenswichtigen Gewebes* (*Pütter*) (3). Sein Tod hat den aller anderen Gewebe zur Folge, die aus inneren Bedingungen noch länger leben könnten, wenn nur die äußeren Lebensbedingungen günstig wären. Als „äußere" Lebensbedingungen sind für eine Zelle oder ein Organ im vielzelligen Tier auch die Zustände der anderen Organe anzusehen. Wenn es gelänge, das Organ eines Tieres, das am raschesten altert, durch ein jugendliches Organ zu ersetzen, so würde voraussichtlich der Tod des ganzen Individuums hinausgeschoben werden. *Harms* (4) hat bei einem marinen Wurm (*Protula*) das Kopfsegment mit dem Gehirn durch das eines anderen (jüngeren) Tieres ersetzt und die Vereinigung beider Teilstücke ist gelungen. Durch die Untersuchungen von *Harms* (4) wissen wir, daß bei einem Wurm derselben Familie (Serpulidae), bei *Hydroides pectinata*, das Absterben des ganzen Tieres durch die Degeneration von Ganglienkomplexen des Hirnes erfolgt. Wenn es also gelingt, das Gehirn durch ein jugendliches zu ersetzen, wie es bei *Protula* gelungen ist, so liegt die Aussicht vor, durch diese Operation den Wurm länger am Leben zu erhalten. Daß dieser Erfolg wirklich eintritt, ist bisher noch nicht bewiesen. Wäre er erreicht, so könnte man auch hier von „Verjüngung" reden, aber die Bezeichnung wäre vielleicht noch weniger angemessen als in dem Falle, in dem bei der Regeneration neue Organe durch zahlreiche Zellteilungen entstanden, wobei das Zellenmaterial aus dem Körper des Tieres selber stammte. Ist es denn noch dasselbe Individuum, das „verjüngt" länger lebt? Hier kommen wir in die Diskussion über den schwierigen Begriff des Individuums hinein, die an dieser Stelle vermieden werden soll.

Eine Verjüngung ohne Neubildung von Zellen oder ohne Ersatz gealterter Zellen durch jüngere eines anderen Individuums ist in keinem der angeführten Fälle bewiesen. Nur eine Beobachtung von *Child* (2) ließe sich im Sinne eines solchen Vorganges deuten. Er fand nämlich, daß die erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen Alkohol, die junge Würmer auszeichnet und auch jenen zukommt, die durch Regeneration „verjüngt" sind, bei den letzteren sich auch auf die Zellen erstreckt, die an der Zellvermehrung nicht beteiligt waren, also auf Zellen, die, ohne sich geteilt zu haben, aus dem alten Tier übernommen wurden.

In diesem Falle aber fehlt wieder der Nachweis, daß die „verjüngten" Tiere auch länger gelebt haben, und damit kommen wir auf einen ganz außerordentlich wichtigen Punkt. Das klarste Kennzeichen der Verjüngung ist ja offenbar das, daß das verjüngte Lebewesen dem Tode ferner ist als das alte. Wird eine Verlängerung des Lebens nachgewiesen, so ist damit in der Tat der Nachweis der Verjüngung erbracht. In dem Falle der Würmer, die durch Selbstverstümmelung (Autotomie) in Bruchstücke zerfallen und wieder zu ganzen Tieren auswachsen, ist die Verlängerung des Lebens deutlich. Bei keiner der experimentell versuchten Verjüngungen ist aber bisher eine Verlängerung des Lebens nachgewiesen.

Für diesen Nachweis besteht auch in der Tat eine eigenartige Schwierigkeit: es fehlt für die meisten Tierarten an Kenntnissen über die normale zeitliche Begrenzung des Lebens, und ohne solche ist eine Angabe über Verlängerung des Lebens natürlich nicht möglich.

Wie ich früher ausgeführt habe (6), ist eine Angabe über eine bestimmte Zeit, die für die einzelne Tierart als „Lebensdauer" bezeichnet werden könnte, nicht das, was wir brauchen, wenn die Begrenzung des Lebens durch innere Bedingungen zahlenmäßig gekennzeichnet werden soll. Wir brauchen vielmehr — wenn wir empirisch vorgehen — eine Absterbeordnung oder Überlebenstafel und daraus entnommen die Sterblichkeit in jedem Lebensalter; oder — wenn wir in der theoretischen Analyse weiter gehen — eine Zahl, die ich als „Alternsfaktor" bezeichnet habe, und die als Maß für die Geschwindigkeit gilt, mit der die Widerstandsfähigkeit eines Tieres abnimmt.

2. *Die Verjüngung bei Säugetieren.*

Eine vergleichend-physiologische Betrachtung über das Verjüngungsproblem, wie sie eben angedeutet ist, gibt eine gute Grundlage zur Beurtei-

lung des Allgemeinen und des Besonderen in den Erfahrungen über Verjüngung bei Säugetieren. Wenn es gelingt, ein Gewebe zu neuen Zellteilungen zu veranlassen, so kann es die Eigenschaften eines jugendlichen Gewebes gewinnen. Diese Erfahrung werden wir auf das Verhalten der Hoden seniler Ratten nach Unterbindung der Ausführgänge anwenden. Wenn *Steinach* als Erfolg dieser Operation ein erneutes Einsetzen der Zellteilung in den Samenmutterzellen beobachtet, so können wir das mit ihm als Zeichen der Verjüngung ansehen (Organverjüngung, Teilverjüngung). Den Reiz für die Verjüngung bildet hierbei wohl die Sekretstauung. Wenn *Steinach* als Erfolg der einseitigen Operation ein Erwachen der Zellteilungsfähigkeit auch in dem Hoden der anderen Seite beschreibt, so würde dies ein Beispiel der Verjüngung eines Gewebes durch einen chemischen Reiz sein, nämlich durch die Stoffe, die von dem Hoden mit unterbundenem Ausführgang ins Blut und mit ihm zu dem Hoden der anderen Seite gelangen. Ob diese Stoffe aus der „Pubertätsdrüse" oder dem Keimgewebe stammen, soll hier nicht erörtert werden. Diese Verjüngung wäre also den Fällen an die Seite zu stellen, die wir oben bei ausgedehnten Regenerationen nach Selbstverstümmelung oder Fremdverstümmelung kennen lernten.

Ganz anders zu beurteilen ist die Behauptung, daß die Verjüngung der *Keimdrüsen* zu einer Verjüngung *des ganzen Tieres* führe (Vollverjüngung). In ihr liegt die Annahme, daß es möglich sei, Zellen durch chemische Einwirkungen so zu verändern, daß sie sich wie jugendliche Zellen verhalten, ohne daß sie sich teilen. Wie wenig wir bisher von solcher Möglichkeit wissen, zeigte der vergleichende Umblick. Wir werden also nur durch starke Gründe veranlaßt werden können, dieser Annahme zuzustimmen.

Bei der Verjüngung des ganzen Tieres spielen die Ganglienzellen des Zentralnervensystems die Hauptrolle, denn ihre Tätigkeit kommt in den Lebensäußerungen des ganzen Tieres am stärksten zum Ausdruck. Für diese Zellart ist es beim Säugetier bezeichnend, daß sie schon bei der Geburt in voller Anzahl vorhanden ist, daß an ihr keine Zellteilungen mehr ablaufen, selbst dann nicht, wenn durch Verletzungen günstige Bedingungen für Zellvermehrung geschaffen werden, Bedingungen, unter denen andere Zellarten unseres Körpers erneute Teilungen zeigen. Die Zellen des Zentralnervensystems sind es beim Säugetier auch, die als kurzlebigstes *lebenswichtiges* Gewebe das Leben des ganzen Tieres begrenzen: der normale Alterstod ist ein Gehirntod (*Ribbert*). Die Zellen der Geschlechtsorgane, die schon früher sterben können, sind nicht lebenswichtig und begrenzen daher nicht die Dauer des individuellen Lebens.

Ich glaube *Steinach* richtig zu verstehen, wenn ich seine Anschauung über die Verjüngung der ganzen Tiere dahin spezialisiere, daß durch die Verjüngung — oder, wie *Steinach* sagt, „Neubelebung" — der Keimdrüsen[1]) unter andern auch die Ganglienzellen des Zentralnervensystems so verändert werden, daß sie als „verjüngt" zu bezeichnen sind.

Wie läßt sich diese „Verjüngung" nachweisen?

Steinach betrachtet ohne weiteres die Libido und Potenz als Maß der Jugendlichkeit eines Tieres. Darin aber vermag ich ihm nicht zu folgen. Gerade die Forschungen über die innere Sekretion der Geschlechtsdrüsen, an denen *Steinach* so erfolgreich beteiligt gewesen ist, haben uns ja gelehrt, daß auch für das jugendliche Tier der Einfluß dieser inneren Sekrete nötig ist, damit Libido und Potenz in normaler Weise auftreten. Spontan, d. h. ohne die Wirkung dieser Sekrete, zeigen auch die Ganglienzellen des jungen Tieres nicht die Erregungserscheinungen, die als Libido und Potenz zum äußeren Ausdruck kommen.

Das Fehlen von Libido und Potenz kann also grundsätzlich zwei verschiedene Gründe haben: es kann das innere Sekret des Hodens fehlen, das die Ganglienzellen der bestimmten Zentren erregt oder in erhöhte Erregbarkeit versetzt, oder es kann trotz Anwesenheit dieses Sekretes die Libido und Potenz fehlen, weil die Ganglienzellen nicht in dem Zustande sind, daß sie auf die normalen Reize mit normalen Erregungen antworten. Wenn *Steinach* uns lehrt, daß irgendein Tier, das keine Libido und Potenz zeigt, diese Erscheinungen wieder bekommt, sobald dem Körper innere Sekrete des Hodens zugeleitet werden, so nennen wir das mit seiner eigenen Nomenklatur eine „Erotisierung". Wenn er uns weiter zeigt, daß auch alte Tiere, bei denen nicht durch Kastration sondern durch Altersinvolution die inneren Sekrete fortgefallen sind, durch Zuleitung dieser Sekrete wieder potent werden, so ziehen wir daraus den Schluß, daß die Ganglienzellen der Zentren, die hierbei tätig sind, ihre Erregbarkeit für die normalen Reize *noch besitzen*. Es liegt aber kein Grund zu der Annahme vor, daß sie diese Erregbarkeit durch das Alter *verloren* und sie erst durch die Zuleitung der Sekrete des Hodens *neu gewonnen hätten!* Nur in dem letzten Fall hätten wir ein Recht von einer *Verjüngung* der Ganglienzellen zu reden. Hätte also *Steinach* gefunden, daß „Erotisierung" bei alten Tieren nicht mehr möglich sei wie bei jungen, so hätte er damit ein Symptom des Alterns der Ganglienzellen aufgedeckt. Hätte er dann weiter durch irgendeinen neuen Eingriff die Erregbarkeit der Ganglienzellen derart verändert, daß sie auf die erotierenden Reize des Hodensekretes wieder ansprechen, dann könnte man vielleicht von einer Verjüngung reden.

[1]) Nach *Steinach* der „Pubertätsdrüsen"; über die Frage, welche Gewebsart das Inkret liefert, s. *Stieve*, H. 46 dieses Jahrganges.

Sein Nachweis aber beschränkt sich für die Männchen auf die Feststellung, daß es gelingt, durch Unterbindung der ableitenden Wege des Hodens das Keimepithel zu neuen Teilungen anzuregen. Diesen Nachweis hat er nicht nur direkt durch mikroskopische Untersuchung des Hodens, sondern auch indirekt dadurch erbracht, daß er an den operierten Tieren die Wirkung der erhöhten inneren Sekretion des Hodens nachwies. Bei der Beurteilung des Erfolges der Operation ist übrigens besonders zu berücksichtigen, daß auch ohne operativen Eingriff impotente Tiere nicht lange nach Eintritt des Seniums oft eine Periode der „Verjüngung", d. h. des Auflebens der Potenz durchmachen, worauf *Harms* (8) beim Meerschweinchen besonders aufmerksam macht.

Wenn die normale Reaktion der alten Ganglienzellen auf das Inkret des Hodens nicht als Zeichen einer Verjüngung bewertet werden kann, so ist damit keineswegs gesagt, daß eine solche Verjüngung nicht stattgefunden habe, nur müßten andere Zeichen zu ihrem Nachweis herangezogen werden. Das begriffsmäßig sicherste Zeichen der Verjüngung ist die Verlängerung des Lebens. *Steinach* hat nicht behauptet, daß er eine solche bewiesen habe, ja er scheint den Nachweis als überflüssig für die Feststellung der Verjüngung zu halten. Hierin kann ich ihm keinesfalls beistimmen. Wohl ist es sehr richtig, wenn er sagt, bei dem einzelnen Individuum wisse man nie, wie lange es leben werde, und daher sei die Verlängerung des Lebens im Einzelfall nicht zu erweisen; aber damit ist nur eine eigenartige Schwierigkeit des Problems gekennzeichnet. Die Forderung, den Nachweis der Verlängerung des Lebens als Zeichen der Verjüngung zu erbringen, kann mit dieser Bemerkung nicht beiseite geschoben werden.

Nach *Steinachs* Angaben ist nun in der Tat die Ratte (oder Maus) wohl das geeignetste Säugetier für Studien über Lebensdauer und die Einflüsse, die sie verlängern oder verkürzen können. *Korschelt* (5) gibt weder für die Ratte noch für die Maus etwas über ihre Lebensdauer an, und unter seinen Angaben für Säugetiere steht an unterster Stelle das Kaninchen mit 5—7 Jahren, der Hase mit 7—8 und das Meerschweinchen mit 8 Jahren. Demgegenüber gibt *Steinach* die Lebensdauer der Ratte auf nur 2¼ bis 2½ Jahre an. Das bedeutet natürlich einen ungeheuren Vorteil für Studien über die Lebensdauer.

Mit dem Begriff der Lebensdauer können wir aber — wie früher gezeigt (6) — für biologische Zwecke nichts anfangen, wir brauchen dazu eine Absterbeordnung. Leider hat *Steinach* das Material seiner langdauernden Zuchten in dieser Richtung nicht verwertet, und wenn wir uns ganz roh eine Kurve konstruieren wollen, die das Sterben der Ratte als Funktion der Zeit zeigt, so können wir uns nur an folgende Angaben halten: Zwischen dem 18. und 23. Monat machen sich deutliche Alterserscheinungen bemerkbar (d. h. Erscheinungen des Ausfalls der inneren Sekretion des Hodens), 30 Monate ist schon ein sehr hohes Alter, ein Alter von über 30 Monaten gehört zu den größten Seltenheiten, zwischen 18 und 27 Monaten ist die Sterblichkeit sehr groß.

Nach meinen früheren Untersuchungen läßt sich die Überlebenstafel sehr gut durch eine Gleichung von der Form

$$y = 100\, e^{-kt}\, e^{k't}$$

darstellen. Es bedeutet y die Zahl der Überlebenden zur Zeit t, k bedeutet den Schädigungsfaktor, k' den Alternsfaktor (6). Drücken wir t für die Ratte in Monaten aus, so können wir $k = 0{,}000\,84$ und $k' = 0{,}152$ setzen und erhalten dann die folgende Überlebenstafel, die den Beobachtungen *Steinachs* über das Altern und Sterben der Ratte gerecht wird. Es ist dabei angenommen, daß die Zahl der überlebenden Ratten bei einem Alter von 30 Monaten gleich der der überlebenden Menschen bei 80 Jahren sei, d. h. etwa gleich 9 %.

Alter in Monaten	Überlebende	Alter in Monaten	Überlebende
0	100,0	25	39,3
10	96,3	27	29,0
15	88,5	30	9,15
18	79,2	32	3,16
20	71,0	34	0,71
23	53,0	36	0,072

Diese Überlebenstafel soll *nur als Beispiel* dienen, welche Vorarbeit nötig ist, um die Frage der Verjüngung im strengen Sinne zu klären, ihre Zahlen können keinen Anspruch auf Genauigkeit machen, da zahlenmäßige Angaben über die Sterblichkeit der Ratte in den verschiedenen Lebensmonaten fehlen. Die Entscheidung darüber, ob Verjüngung stattgefunden hat, wäre in der Weise zu erbringen, daß eine größere Anzahl Tiere von etwa 25 oder 27 Monaten operiert und nun festgestellt würde, ob sie nach demselben Zeitgesetz absterben wie normal alternde Ratten, ob sie rascher oder langsamer absterben. Aus *Steinachs* Untersuchungen können wir nur die folgenden vier Fälle entnehmen:

Alter bei der Operation Monate	Tod im Alter von Monaten
19	21,5
23	30,8
27	> 36,0
28	30,0

Sehr viel ausgedehntere Erfahrungen müssen hier die Entscheidung bringen. Vorläufig können wir also als erwiesen durch *Steinachs* Versuche höchstens eine Verjüngung des Hodens ansehen, eine *Teilverjüngung,* die durch *erneutes Auftreten von Zellteilungen* und vermehrte Abgabe von inneren Sekreten gekennzeichnet ist. Eine

Verjüngung des *ganzen Individuums*, eine *Vollverjüngung*, ist *nicht* erwiesen, ja es sind gar keine Zeichen untersucht worden, an denen man die Verjüngung des Individuums erkennen könnte.

3. Die Verjüngung beim Menschen.

Die methodischen Gesichtspunkte zur Beurteilung der Verjüngung sind die gleichen, ob es sich um Ratten, Meerschweinchen oder Menschen handelt, doch sind zur richtigen Beurteilung der *Steinachschen* Mitteilungen in bezug auf den Menschen noch einige besondere Bemerkungen nötig.

Wenn es schon beim Tier gewagt ist, Libido und Potenz als die maßgebenden funktionellen Merkmale der Jugendlichkeit hinzustellen, so ist eine solche einseitige Kennzeichnung der Frische beim Menschen vollends unberechtigt. Die Medizin lehrt, daß treffliche Frische des Alters bei erloschener Libido und Potenz vorhanden sein kann, während Greisenhaftigkeit sich wohl mit der Erhaltung der Libido und sogar der Potenz vergesellschaften kann. Die geistigen Äußerungen geben uns eben beim Menschen ein viel reicheres Material zur Beurteilung des funktionellen Zustandes der höchsten Teile des Zentralnervensystems, als die vergleichsweise eintönigen körperlichen Äußerungen beim Tier.

Die Medizin lehrt, daß noch in hohem Alter sogar eine abnorme *Steigerung* des Geschlechtstriebes auftreten kann, nachdem er vorher mehr oder weniger vollständig erloschen war. Solche Fälle kommen zur Kenntnis des Arztes wesentlich dann, wenn diese Steigerung besonders hohe Grade erreicht und werden nicht als Symptom besonderer Jugendlichkeit, sondern als krankhafte Reizerscheinungen aufgefaßt. Betrachtet man doch auch den Priapismus nicht als Zeichen jugendlicher Männlichkeit, sondern als Zeichen einer abnormen Erregung des Erektionszentrums bzw. als den Ausdruck des Fortfalls von Hemmungen, die normalerweise vom Gehirn ausgehen.

Um zu entscheiden, ob eine Steigerung der Potenz als krankhafte Reizerscheinung aufzufassen ist, die wohl für einige Zeit den Schein der Jugendlichkeit erweckt, aber dann von um so rascherem Verfall gefolgt ist, oder als der Ausdruck einer Verjüngung, dazu wäre wieder die Absterbeordnung zu ermitteln bzw. die Sterblichkeit der Menschen mit erhöhter Potenz gegenüber solchen mit normaler, verringerter oder erloschener zu vergleichen. Die folgende kleine Zusammenstellung zeigt, wie sich im Vergleich zu einer normalen Absterbeordnung die Absterbeordnung bei Männern verhalten würde, die im Alter von 70 Jahren (etwa durch die Steinachsche Operation der beiderseitigen Resektion der Samenstränge) soweit verjüngt worden wären, daß sie sich wie 60-jährige verhielten. Das ist keine sehr bedeutende Verjüngung und entspricht dem, was in dem einen der beiden Steinachschen Fälle als ungefähres Maß der Verjüngung angegeben wird.

Alter	Überlebende von 100 normal	Überlebende, mit 70 Jahren verjüngt auf 60 Jahre
50	51,76	
60	39,84	
70	23.86	23,86
80	8,00	14,20
90	0,68	4,80
100	0,003	0,407

Von 100 70-jährigen erreichen 34 das 80. Lebensjahr, von 100 verjüngten 70-jährigen müßten 60 das 80. Jahr erreichen. Die Sterblichkeit müßte also nach der Verjüngungsoperation so stark vermindert sein, daß eine Beobachtung von 100 Fällen über 10 Jahre schon einen deutlichen Erfolg zeigen würde. Je länger die Beobachtung dauert, desto auffälliger müßten die Unterschiede werden.

Nun ist die doppelseitige Resektion der Samenstränge (Ductusresektion) vor mehr als 30 Jahren häufig ausgeführt worden zur Bekämpfung der viele alte Männer so überaus quälenden Hypertrophie der Prostata. Wären Erfolge, wie *Steinach* sie bei *zwei* (!) alten Männern von 66 und 71 Jahren mitteilt, typisch für die Wirkung der Ductusresektion, so könnten sie der Aufmerksamkeit der Ärzte, die gerade die meisten dieser Patienten wohl dauernd in Beobachtung behielten, nicht völlig entgangen sein.

Die Urteile aus damaliger Zeit lauten aber ganz anders. Es sei nur *v. Frisch* (1) erwähnt, der in Nothnagels Handbuch die Krankheiten der Prostata und ihre Behandlung auf Grund großer Erfahrung bearbeitet hat. Er teilt eine Statistik mit, in der unter 116 operierten Fällen 6,0 % *starben*, 18,9 % „unbeeinflußt" blieben, 53,5 % „gebessert" und 21,4 % „geheilt" wurden, wobei das Übel, um dessen Heilung es sich handelte, immer die Prostatahypertrophie war. In einer anderen Statistik, die sich auf 47 Fälle bezieht, kamen 7 Todesfälle vor, d. h. die Mortalität betrug fast 15 %.

Hieraus ist also zunächst zu entnehmen, daß die Resektion kein ungefährlicher Eingriff ist. Noch bemerkenswerter aber sind die folgenden Bemerkungen über Wirkungen der Operation. *v. Frisch* schreibt (S. 195), „es wird noch von verschiedenen Seiten berichtet, daß die Patienten nach . . . . . der Ductusresektion in einen Zustand von rasch zunehmender und oft zum Ende führender körperlicher und geistiger Schwäche verfallen", und fährt dann fort: „Ich habe . . . . drei Patienten, die vor der Operation kräftig, frisch und munter waren und keine Nierenaffektion, noch sonst eine Erkrankung innerer Organe zeigten, nach der Resektion der Vasa defe-

rentia in einem derartigen Zustande unter einem rapiden, durch nichts zu hemmenden Verfall der Kräfte zugrunde gehen sehen."

Diese Erfahrungen, die ohne jede Voreingenommenheit erhoben sind, mahnen doch wohl zu größter Zurückhaltung bei der Anwendung der Ductusresektion beim Menschen. Die Zahl der operierten Fälle hat sich ja seit *Steinachs* erster Mitteilung schon vermehrt und man darf gespannt sein, ob die schlechten Erfahrungen früherer Jahrzehnte den modernen Operateuren erspart bleiben werden. Vielleicht ergibt schon eine genaue Durchsicht der alten Krankengeschichten über Ductusresektion ein einigermaßen zutreffendes Bild von der Sterblichkeit der Operierten im Vergleich zu gleichalterigen Nichtoperierten.

Die grundsätzliche *Möglichkeit* einer „Verjüngung" in dem oben entwickelten Sinne soll nicht in Abrede gestellt werden. Es soll auch die *Möglichkeit* anerkannt werden, daß *Steinach* ebenso wie *Harms* unter ihren Fällen wirkliche Verjüngung gehabt haben könnten: aber von einem *Beweis* hierfür kann nicht die Rede sein, und einer Anwendung der in ihrer Deutung zweifelhaften Tierexperimente auf den Menschen stehen schwerwiegende Bedenken entgegen.

Literatur.

1. 1895. *v. Frisch,* Die Krankheiten der Prostata. Nothnagels Spezielle Pathologie und Therapie Bd. *XIX.*
2. 1911. *Child,* A study of senescence and rejuvenescence based on experiments with Planaria dorotocephala. Arch. f. Entwicklungsmech. d. Organismen Bd. *31,* S. 537—616.
3. 1911. *Pütter,* Vergleichende Physiologie, G. Fischer, Jena.
4. 1912. *Harms,* Beobachtungen über den natürlichen Tod der Tiere. Erste Mitteilung. Zool. Anzeiger Bd. *40,* Nr. 4/5.
5. 1917. *Korschelt,* Lebensdauer, Altern und Tod. Jena, G. Fischer, VII und 170 Seiten.
6. 1920. *Pütter,* Zur Physiologie der Lebensdauer. Die Naturwissenschaften Bd. *8,* Heft 11, S. 201—205.
7. 1920. *Steinach,* Verjüngung durch experimentelle Neubelebung der alternden Pubertätsdrüse. Arch. f. Entwicklungsmech. der Organismen Bd. *46,* 4. Heft, S. 557—610.
8. 1920. *Harms,* Über Versuche zur Verlängerung des Lebens und zur Wiedererweckung der Potenz. Zool. Anzeiger Bd. *51,* Nr. 8/10, S. 161—168.

Besprechungen.

Potoniés Lehrbuch der Paläobotanik. Zweite umgearbeitete Auflage von *W. Gothan.* Berlin, Gebr. Borntraeger. 1. Lief. (Bogen 1 bis 10), Preis M. 14,—.

Die Schlußlieferung von *Potoniés* „Lehrbuch der Pflanzenpaläontologie" erschien 1899, also vor zwanzig Jahren. Die Gothansche Bearbeitung entspricht demnach einem schon aus diesem Grunde dringenden Bedürfnisse. Waren doch die paläobotanischen Forschungen, welche in diesem Zeitraume angestellt wurden, so außerordentlich ergebnisreich, daß sie die Bedeutung der fossilen Pflanzenreste für die wissenschaftliche Botanik, speziell für die Phylogenie, unzweideutig erwiesen haben. Es sei in dieser Beziehung nur auf die Arbeiten über die Cycadofilices (Pteridospermen) und Cycadophyten, auf die Erschließung der fossilen Flora des antarktischen Gebietes und mancher exotischer Länder hingewiesen. Nicht minder beschäftigten pflanzengeographische Untersuchungen über die Karbonflora, Monographien von Gattungen, monographisch-kritische Untersuchungen (von *Potonié* selbst inauguriert) über zahlreiche Arten — insbesondere des Karbons —, auch Revisionen und Neubearbeitungen so mancher europäischer Floren die Paläobotaniker der alten und der neuen Welt. Eine Fülle von Tatsachen und Beobachtungen wurde so in edlem Wettstreit geerntet.

Wenn auch seit *Potoniés* Pflanzenpaläontologie die Elém. de Paléobotanique von *Zeiller* (Paris 1900; also auch bereits antiquiert) erschienen waren und *Sewards* Fossil Plants (Cambridge, 4 Bände) erst vor nicht langer Zeit vollendet wurde, so ändert dies nichts daran, daß die Gothansche Umarbeitung des „Potonié", die in vieler Beziehung notwendigerweise ein völlig neues Werk darstellt, berufen ist, einem Bedürfnisse nicht nur der Lernenden und Lehrenden, sondern auch der Forschenden abzuhelfen, da es die Auffassung der deutschen paläobotanischen Schule zur Darstellung und Geltung bringt.

Nach einer Definition der Paläobotanik und Erörterung ihrer Bedeutung bringt Verfasser „Geschichtliches", nach der Meinung des Referenten allzu spärlich bemessen, da *Unger, Ettingshausen, Heer, Saporta, Renault* nicht einmal genannt werden. Ausführlich ist die „Art der fossilen Pflanzenreste" (Erhaltungsweise) dargestellt. Eine ausgezeichnete Übersicht über die Pseudophyten finden wir in dem Abschnitt „Vermeinte pflanzliche Fossilien". Dessen ungeachtet behält auch *Potoniés* ursprüngliche Darstellung ihren besonderen Wert. Der „Systematische Teil" des Werkes umfaßt unter den Thallophyten die Algen und Pilze in ausführlicher Darstellung. Auch die Bryophyten sind erschöpfend behandelt. Daran reiht sich eine sehr sorgfältige Bearbeitung der Filicales (Farngewächse in engerem Sinne). Hier werden bei den einzelnen Familien zunächst immer die unmittelbar mit den lebenden Formen verwandten Reste, dann erst die rein fossilen Gruppen behandelt. Von besonderem Interesse sind dabei die Erörterungen über die unsicheren Reste und Farnwedel mit Sporangien, deren natürliche Verwandtschaft unklar ist. Von den Ophioglossales ist mit Sicherheit überhaupt kein Vertreter nachgewiesen, denn die von verschiedenen Autoren hierher gestellten Rhacopteris, Chiropteris sind ganz unsicherer Stellung, Botrychioxylon paradoxum Scott gehört nach *Gothan* zu den Botryopteriden. Auf die Darstellung der fertilen Filicales folgt „Allgemeines über die fossilen Farne und Cycadofilices (Pteridospermen)". In der Folge wird dann das sterile Laub der beiden, in diesem Zustande nicht mit Sicherheit trennbaren Gruppen abgehandelt, denn die Cycadofilices sind Gymnospermen mit Laub von Farncharakter sowie gymnospermen und filicoiden Merkmalen in der Achsenstruktur. Es zeigt sich, daß in dem seit *Brogniart* allmählich ausgebauten künstlichen System, welches bekanntlich auf der Form und Aderungsweise der Fiederchen sowie auf dem Aufbau und besonderen Eigentümlichkeiten der Wedel beruht, sich auch eine Anzahl natürlicher Gruppen (z. T. sogar natürliche Gattungen) ergaben, wie die wachsende Kenntnis der Fruktifikationsorgane oft nachträglich erwiesen hat. Alle diese morphologischen Merkmale

werden eingehend dargestellt. Gerade in diesem System springen die Leistungen der deutschen Paläobotaniker vorteilhaft in die Augen. Nun folgt ein Abschnitt über die Stämme und Rhizome der Farne einschließlich der Zygopteriden und Botryopteriden, Darlegungen über die Hydropteriden sowie im Anschlusse an die Bearbeitung der Filicales eine klare Darstellung der meisten Cycadofilices und der verwandten Gruppen unsicherer Stellung sowie im „Anhang" jener, vorwiegend mesozoischer, farnlaubigen Pflanzen, deren Gymnospermennatur kaum bezweifelt werden kann, obgleich sie noch nicht sicher erwiesen ist, wie z. B. Thinnfeldia, Dichopteris, Ctenis. Auch ein Teil der Articulatae im Sinne von *Lignier*, nämlich Sphenophyllales, Cheirostrobales und Pseudoborniales sind in dieser Lieferung abgehandelt.

Typographische und illustrative Ausstattung sind trefflich. Wir erwarten mit Spannung den Abschluß dieses hervorragenden Werkes und sparen uns verschiedene kritische Bemerkungen für die weitere Besprechung auf. *F. Krasser, Prag.*

Walther, Joh., Vorschule der Geologie, eine gemeinverständliche Einführung und Anleitung zu Beobachtungen in der Heimat. Siebente, ergänzte Auflage. Mit 123 Originalzeichnungen, 134 Aufgaben, nebst Literaturverzeichnis für Exkursionen und einem Wörterbuch wichtiger Fachausdrücke. Jena, G. Fischer, 1920. VIII, 262 S., Kl. 8°. Preis brosch. M. 12,—, geb. M. 16,—.

Im 23. Tausend liegt dieser bekannte, volkstümliche Wegweiser zum Verständnis geologischer Erscheinungen vor, ein beredtes Zeichen, wie stark uns Heutigen Zwiesprache mit dem großen Geschehen der Natur Bedürfnis ist, und wie sehr dieses Büchlein dem Bedürfnis entspricht. „Der hohe Bildungswert der Geologie beruht vornehmlich darin, daß sie unser Auge öffnet für eine ganze Welt von natürlichen Erscheinungen und Vorgängen, an denen die meisten Menschen achtlos vorübergehen. Die geographischen Formen des Landschaftsbildes, die Gestalt der Berge und Täler, die Verteilung von wasserreichem und trockenem, fruchtbarem und magerem oder ertragsarmem Boden, die Richtung und das Gefälle der Flüsse, die Standorte der Pflanzen, die Wohnsitze der Tiere und Menschen, Siedelung und Bevölkerungsdichte, Reichtum und Armut einer Gegend, ja sogar die geschichtliche Entwicklung eines Landes sind abhängig von geologischen Tatsachen." „Demnach darf man sagen, daß eine gewisse Summe geologischer Kenntnisse eigentlich für jeden Gebildeten aus ideellen und — praktischen Gründen unerläßlich ist." „Wenn ein Haus aus Bausteinen oder Ziegeln errichtet, mit Schiefer gedeckt und mit breiten Steinstufen versehen wird, wenn Steinbrüche geöffnet werden, um Pflastersteine und Straßenschotter, Kies und Sand, Ton und Mergel zu gewinnen, so verknüpfen sich damit vielseitige geologische Betrachtungen."

An Beobachtungen der alltäglichen Erscheinungen der Gesteinswelt entwickelt sich uns ihr Werden und Vergehen, die Geschichte von Bergen und Tälern und ihrer Lebewesen in selbstverständlicher Folgerichtigkeit. Aller Ballast wissenschaftlicher Theorie, Hypothese und Kunstsprache ist abgeschüttelt; die „schwerzugängliche", „hohe" Geologie erscheint hier so natürlich, so einfach, sie spricht — ich möchte fast sagen, zum Gemüt. Den *praktischen* Wert geologischer Beobachtung und Forschung hätte ich gerne mehr betont gesehen, denn diesem wendet sich heute die allgemeinste Aufmerksamkeit zu. Die 134 auf fast alle Kapitel verteilten Aufgaben sind lehrreich, auch ohne daß man jede ausführt, denn sie zeigen nicht nur die Fragestellung, sondern auch die Methode geologischen Arbeitens. Sollen einige Anregungen zu einer weiteren Auflage gegeben werden, so wäre wohl eine gründliche Erneuerung der angefügten Erläuterung der wichtigeren Fachausdrücke zu empfehlen. Wenn die Erklärungen auch keine wissenschaftlichen Diagnosen sein sollen, so dürfen sie doch auch nicht Mißverständliches übermitteln, wie z. B.: Ceratiten = Ammoniten mit verkümmerter Lobenlinie, Dreikanter = Geschiebe usw. . . . . ., Terra rossa = rote Tone in Spalten von Kalksteinen, Tabulaten = wurmähnliche Tiere u. ä. wie bei Barre, Bonebed, Krinoiden, Tigersandstein usw. Bei Minette ist es nützlich, beide Bedeutungen anzuführen. Von den im Text gebrauchten Fachausdrücken ließen sich noch einige vermeiden. Ein Satz wie: „diese sogenannte Eruptose ist die eigentliche Heimat und Quelle aller übrigen lithosen und vadosen Gewässer", erregt auch dem Fachmann Unbehagen.

Es wäre eine verdienstvolle Aufgabe für einen hochstehenden Verlag, in Art und Geist dieses Buches gehaltene Einzeldarstellungen deutscher Landschaften folgen zu lassen. *J. Wilser, Freiburg i. Br.*

Rost, Franz, Pathologische Physiologie des Chirurgen (Experimentelle Chirurgie). Leipzig, F. C. W. Vogel, 1920. VIII, 613 S. Preis geh. M. 38,—; geb. M. 54,—.

Die Physiologie ist durch die gegenwärtig geltende Prüfungsordnung aus dem Kreise der Prüfungsfächer für das medizinische Staatsexamen verbannt, aber dadurch hat sie nicht aufgehört, der eine der beiden Grundpfeiler zu sein, auf denen das Gebäude jeder wissenschaftlichen Medizin errichtet werden muß. Diese Einsicht wird immer mehr Allgemeingut der Kliniker. Eine Pharmakologie, die im Sinne des vortrefflichen Lehrbuches von *H. H. Meyer* und *R. Gottlieb* vorgetragen, wohl geeignet ist, physiologische Kenntnisse bei den Studierenden der klinischen Semester wachzuhalten und zu vertiefen, wird durchaus nicht überall in dieser Richtung verwertet. So gehen denn die Kliniker selber daran, die physiologischen Grundlagen der Krankheitsvorgänge und des therapeutischen Handelns nicht nur zu erforschen, sondern auch in Lehrbuchform den Studierenden und Ärzten zugänglich zu machen. *Krehls* monumentales Werk „Pathologische Physiologie" hat vor kurzem schon die 10. Auflage erlebt, und jetzt stellt *Rost* als Chirurg die Kapitel der pathologischen Physiologie dar, die für sein Fach von besonderem Belang sind.

Die Darstellung fußt überall auf sehr ausgedehnten Literaturstudien, doch läßt die Genauigkeit der Zitate manchmal zu wünschen übrig. Eine große Linie in der Anordnung des Stoffes ist nicht erkennbar, die Einteilung ist im allgemeinen nach topographischen Gesichtspunkten erfolgt. Den größten Raum nimmt die pathologische Physiologie der Verdauungsorgane ein, mehr als die Hälfte des ganzen Buches. Es liegt in der Natur der Sache, daß der Raum, der den einzelnen Organen gewidmet ist, nicht so sehr ihrer physiologischen Bedeutung als der Möglichkeit des chirurgischen Handelns an ihnen entspricht.

Die Darstellung ist klar, wenn auch der Stil wenig gepflegt. Die pathologische Physiologie des Chirurgen stellt eine sehr willkommene Ergänzung der pathologischen Physiologie des „Inneren" dar, so daß beide zusammen ein recht vollständiges Bild unserer Kennt-

nisse auf diesem Gebiete geben und nicht nur dem Studierenden oder Arzt als Wegweiser, sondern auch dem Physiologen als Fundgrube wichtiger Beobachtungen gute Dienste leisten werden. *A. Pütter, Bonn.*

Deutsche Ornithologische Gesellschaft.

In der Sitzung am 12. April hielt Herr Dr. *Hamburger* einen Vortrag über **das Farben- und Formensehen der Vögel.** Der Vortragende besprach zunächst die von Professor *Heß* ausgeführten Versuche und schilderte eingehend ihre geniale Methodik und sinnreiche Technik. Auf Grund dieser Versuche scheinen die Insekten und Fische völlig farbenblind, die Tagvögel partiell farbenblind zu sein. Diese partielle Farbenblindheit der Vögel wird durch rote oder gelbe Ölkugeln in der Netzhaut des Auges verursacht, welche nur die roten, gelben und grünen Lichtstrahlen durchfallen lassen, blaues und violettes Licht hingegen verzehren. Hühner und Tauben picken weiße Reiskörner, die auf ein schwarzes Tuch geschüttet sind und durch ein Spektrum beleuchtet werden, nur in den roten, gelben und grünen Teilen des Spektrums auf, lassen aber die im blauen und violetten Licht befindlichen Körner unbeachtet liegen. Letztere werden also von den Vögeln nicht mehr gesehen, weil sie auf dem schwarzen Untergrund nicht erkannt werden. Hiernach würden also die blau und violett schillernden Hochzeitskleider mancher Vögel ihren Zweck, auf die Weibchen anregend und anlockend zu wirken, verfehlen, da die Farben von diesen gar nicht erkannt werden, und die Darwinsche Selektionstheorie würde hiermit einen bedeutenden Stoß erfahren. Gegen diese Auffassung, daß die bunten Farben des Gefieders von den Vögeln selbst nicht oder nur teilweise wahrgenommen werden, erhob der Vortragende Bedenken. Er wies darauf hin, daß im Gebirge die beste Fernsicht stets bei dem rötlichen Licht des Sonnenaufgangs und Sonnenuntergangs herrscht, woraus hervorgeht, daß rötliche Beleuchtung für das Auge vorteilhaft ist. Die Bedeutung der rötlichen Ölkugeln im Vogelauge läßt sich daher vielleicht hiermit in Zusammenhang bringen. Dr. *Hamburger* wies ferner auf die Gegenversuche von *Frisch* hin, der im Gegensatz zu *Heß* nachgewiesen hat, daß Bienen die blaue Farbe erkennen können. *Frisch* verabreichte seinen Bienen Zucker in einer blauen Schale und gewöhnte sie an diese Nahrungsquelle. Hierauf stellte er eine große Anzahl grauer und schwarzer Schalen, ebenfalls mit Zucker gefüllt, neben der blauen Schale auf. Die Bienen beflogen sämtlich die blaue Schale, in der sie gewöhnt waren, ihr Futter zu finden, und ließen die anderen Schalen zunächst unbeachtet, woraus hervorgeht, daß die Bienen die *blaue* Schale erkannten. Derselbe Versuch gelang jedoch mit einer roten oder grünen Schale nicht. Diese wurden von den Bienen nicht erkannt, die auch die grauen und schwarzen Schalen aufsuchten. Die Bienen vermögen also Rot und Grün nicht wahrzunehmen, während sie Blau empfinden. — Dr. *Hamburger* wies ferner darauf hin, daß Farbenblindheit nicht so zu verstehen ist, daß die Farben überhaupt nicht erkannt werden. Die Unterschiede der einzelnen Farbentöne werden vom farbenblinden Auge sehr wohl durch den Grad ihrer Helligkeit bemerkt. Dem Farbenblinden erscheinen alle Farben zwar grau, aber dies Grau hat je nach der Helligkeit der Farbe ganz verschiedene Abstufungen, die vom zarten Weißgrau alle Nuancen bis zum dunklen Schwarzgrau durchlaufen. Dr. *Hamburger* beschloß seine Ausführungen mit der Bemerkung, daß die Frage über das Farbensehen der Tiere noch keineswegs gelöst ist, und daß es gerade auf diesem Gebiet noch viel zu erforschen gibt.

In der Diskussion teilte Dr. *Heinroth* mit, daß nach seinen Erfahrungen gelbe Vögel, wie z. B. Motacilla flava, eine große Scheu vor Blau haben. Ebenso beobachtete Oberstleutnant *v. Lucanus*, daß Gelbhaubenkakadus besonders gegen blau gekleidete Personen bösartig waren. Die Abneigung gelber Vögel gegen Blau hängt vielleicht damit zusammen, daß Gelb und Blau Komplementärfarben sind.

In der Sitzung am 5. September legte Dr. *Heinroth* die Photographie eines im Harz aufgenommenen Tannenhehernestes mit dem brütenden Vogel vor und besprach einen in der Fischereizeitung erschienenen Artikel von Professor *Schiemenz*, der sich in scharfen und unverantwortlichen Ausfällen gegen den Vogelschutz ergeht. *Schiemenz* verlangt die völlige Ausrottung aller der Fischerei schädlichen Vögel, wie Fischadler, Eisvogel, Wasseramsel und Reiher, mit der eigenartigen und wenig verständlichen Begründung, daß diese Vogelarten doch früher oder später aussterben, und ihr Schutz daher keinen Zweck hat. Gegen eine derartige Verwüstung der Naturdenkmäler muß mit allen Mitteln eingeschritten werden! —

Herr *Schulz* berichtete über seine Reise nach Schweden, wo er zahlreiche kinematographische Vogelaufnahmen machen konnte, die das Brutgeschäft und die Jungenpflege vieler See- und Strandvögel, des grauen Reihers, des Storches und der Eiderente, von der er ca. 300 Paar in einer Kolonie antraf. Bemerkenswert ist, daß der Mauersegler in Schweden in Starkästen, die an Bäumen hängen, gern brütet.

F. von Lucanus, Berlin.

Botanische Mitteilungen.

Über die Reaktionen freibeweglicher pflanzlicher Organismen auf plötzliche Änderungen der Lichtintensität. (*R. Harder*, Zeitschr. f. Bot. *12*, 1920.) Im allgemeinen unterscheiden sich die taktischen Reaktionen der niederen pflanzlichen Organismen von den entsprechenden Krümmungsbewegungen höherer Pflanzen dadurch, daß sich die Vorgänge bei den Mikroorganismen mit viel größerer Geschwindigkeit abspielen und infolgedessen die Bestimmung von Präsentations- und Reaktionszeiten und die Ermittlung zahlenmäßiger Beziehungen, wie sie z. B. im Reizmengengesetz ihren Ausdruck finden, auf erhebliche Schwierigkeiten stößt. Das gilt indes nicht allgemein; so stellen vor allem die Fäden mancher blaugrüner Algen (Cyanophyceen) auf Grund ihrer verhältnismäßig trägen Reaktionen günstige Versuchsobjekte dar, an denen *Harder* sehr interessante Beobachtungen anstellen konnte. Er arbeitete hauptsächlich mit den rosenkranzartigen Ketten von Nostoc punctiforme. Dieser Organismus ist wie viele andere Cyanophyceen dadurch ausgezeichnet, daß er durch plötzliche Verdunkelung zu einer Bewegungsumkehr veranlaßt werden kann, ein Vorgang, der nach der üblichen Terminologie als Phobophototaxis bezeichnet wird. *Harder* stellte nun fest, daß für den Eintritt dieser Umkehr, die hier bloß durch Verdunkelung und nicht wie bei anderen Mikroorganismen auch durch plötzliche Belichtung erzielt werden kann, sowohl die Dauer der Belichtung wie auch die der Verdunkelung maßgebend ist, daß also dieser Prozeß nicht ohne weiteres durch jeden Lichtwechsel hervorgerufen wird. „Die Umkehr erfolgt nur, wenn die dem Lichtwechsel voraufgehende Beleuchtung (Hauptlicht) eine bestimmte Mindestzeit gedauert hat (Lichtpräsentationszeit). Andererseits darf auch die

Einwirkungsdauer des abgeschwächten Lichtes nicht unter eine bestimmte Zeit reichen, wenn es als Reiz zur Umkehr wirken soll (Beschattungspräsentationszeit)." Durch eine Verlängerung der Belichtung kann eine Verkürzung der Beschattungspräsentationszeit herbeigeführt werden und umgekehrt, doch besteht keine völlige Proportionalität, vielmehr wird das Produkt aus beiden Größen mit wachsender Lichtpräsentationszeit immer größer. Auch die Erhöhung der Lichtintensität zieht eine Verkürzung der Schattenpräsentationszeit nach sich, aber auch hier sind die entsprechenden Werte nicht umgekehrt proportional, sondern die Zunahme der Lichtstärke verursacht eine derartige Abstumpfung, daß bei zunehmenden Intensitäten sogar wieder eine Verlängerung der Schattenpräsentationszeit bedingt werden kann. „Ein und dieselbe Hauptlichtmenge ruft daher, je nachdem sie durch hohe oder niedere Intensität erzeugt ist, ganz verschiedene Effekte hervor. Das Reizmengengesetz hat für diese Verhältnisse keine Gültigkeit." Die bisherigen Angaben beziehen sich auf Versuche, bei denen vollständige Verdunkelung erfolgte. Die Bewegungsumkehr kann aber auch lediglich durch plötzliche Herabsetzung der Lichtintensität (Beschattung) induziert werden. Je höher die Intensität des Hauptlichts ist, desto höher ist auch die Stärke des herabgesetzten Lichts, das eben noch Umkehr veranlaßt. Da aber die relative Unterschiedsschwelle

$$\frac{\text{Intensität des Hauptlichts}}{\text{Intensität des Beschattungslichts}}$$

mit steigender Intensität immer größer wird, so hat hier das bekannte Webersche Gesetz, welches besagt, daß für die Unterscheidung zweier Empfindungen das relative Verhältnis der Reizstärke maßgebend ist, keine Gültigkeit. Das folgt auch aus Versuchen, in denen nicht die Hauptlichtstärke, sondern die Hauptlichtzeit variiert wurde. Wichtig ist ferner, daß unterschwellige Lichtreize, die in einzelnen Dosen geboten werden, summiert werden können, und daß durch mehrfach wiederholte Reizung eine bis zu einer bestimmten Grenze gehende Erhöhung der Empfindlichkeit herbeigeführt werden kann, die sich darin äußert, daß die Reizschwelle nach einem festen unteren Grenzwert konvergiert. Die erste Erscheinung hat ihre zahlreiche Analoga bei den Reizbewegungen höherer Pflanzen, die letztere steht ziemlich isoliert da und erinnert an die Vorgänge der Gewöhnung und Übung in der physiologischen Psychologie. Im einzelnen läßt sich der Reaktionsvorgang in verschiedene Phasen zerlegen: Abnahme der Geschwindigkeit, Stillstand und Wiederbeginn der Bewegung. Jeder einzelne dieser Vorgänge hat seine eigene Reaktionszeit und kann auch durch die maßgebenden Faktoren (Belichtungszeit, Beschattungszeit, Intensitätsgefälle usw.) in verschiedener Weise beeinflußt werden. So ist es durch besondere Versuchsbedingungen zu erreichen, daß das Stadium der Ruhe vollständig ausfällt oder daß die Bewegung nach abgelaufener Ruheperiode zunächst in der ursprünglichen Richtung fortgesetzt wird und erst nachträglich Umkehr erfolgt. Dies zeigt, daß den einzelnen Gliedern der Reaktionskette eine gewisse Selbständigkeit zukommt.

Zur Mechanik der Geißelbewegung. (*P. Metzner*, Biol. Centralblatt *40*, 1920.) Über die Mechanik der Geißelbewegung ist sowohl von botanischer als auch von zoologischer Seite viel diskutiert worden, ohne daß es indes geglückt wäre, zu einer einheitlichen Auffassung zu gelangen. *Metzner* sucht nun in seiner Arbeit dem Problem von einer neuen Seite beizukommen. Er stellte sich aus starren Drähten und elastischen Spiralen Modelle von Geißeln her, die durch ein Zwischenstück an die Welle eines Elektromotors geschaltet und unter Wasser in Rotation versetzt wurden. Es sollten auf empirischem Wege die auftretenden Wasserströmungen ermittelt werden. Um diese Vorgänge anschaulich darzustellen, wurde durch das Wasserbecken, in dem die Geißelmodelle rotierten, ein gleichmäßiger Strom feiner Gasbläschen geleitet, die auf elektrolytischem Wege erzeugt wurden und die Richtung der Wasserbewegung deutlich wiedergaben. Um eine Vorstellung von der Größe des etwa auftretenden Zuges zu geben, wurde in das Wasser ein ungleichschenkliges U-Rohr eingetaucht, dessen kürzerer Schenkel in den Schwingungsraum mündete, während der längere über die Wasserfläche emportauchte. Das U-Rohr enthielt Wasser, und eine auftretende Zugwirkung mußte sich am Senken des Meniskus in den langen Schenkel äußern. Diese Niveauveränderungen konnten vermittelst des Horizontalmikroskops exakt bestimmt werden. Auf Grund dieser Experimente konnte *Metzner* dartun, „daß bei einer reinen Kegelschwingung eine Zugkraft auftritt, die bei einem Winkel der Mantellinie gegen die Rotationsachse von 20 bis 23° den größten Wert erreicht. Schraubenförmig gewundene Gebilde ergeben sowohl theoretisch wie praktisch einen maximalen Wirkungsgrad bei einer Steigung von 45—54°. Elastisch rotierende Körper haben das Bestreben, bei rascher Rotation ihren Schwingungsraum entgegen der Zentrifugalkraft zu verschmälern. Sehr biegsame Objekte nehmen bei der Rotation passiv charakteristische Schraubengestalt an; der Steigungswinkel und der Durchmesser des Schwingungsraumes sind von der Rotationsgeschwindigkeit abhängig." Für alle diese Erscheinungen boten sich nun bei der Beobachtung lebender Objekte mannigfache Analogien. So kann man bei den Flagellaten zumeist eine reine Kegelschwingung beobachten, vermittelst deren sich der Organismus ins Wasser einsaugt. Daß der Schwingungsraum hier vielfach nicht drehrund ist, liegt daran, daß die Geißel elliptischen und nicht kreisförmigen Querschnitt besitzt. Chromatium Okeni besitzt eine aktive Geißelschraube, während bei den Spirillen die Geißel nur mittelbar an der Fortbewegung beteiligt ist, insofern sie den schraubenförmig gewundenen Körper in Umlauf versetzt. Sowohl bei Chromatium als auch bei Spirillen ist die Geißel aus zahlreichen kontraktilen Einzelgeißeln zusammengesetzt, besitzt also gewissermaßen Kabelstruktur. Die spiralige Bewegung wird mit *Bütschli* am besten durch die Annahme erklärt, daß eine Kontraktionswelle von Geißel zu Geißel läuft, die ein rhythmisch-sukzessives Zusammenziehen veranlaßt. Zusammenfassend ist festzustellen, daß der Geißelmechanismus keinem einheitlichen Schema folgt, sondern daß von Fall zu Fall ein verschiedener Schwingungstypus mutzumaßen ist.

Die Bewegung und Reizbeantwortung der bipolar begeißelten Spirillen. (*P. Metzner*, Jahrb. f. wiss. Bot. *59*, 1920.) Im Anschluß an die vorstehend referierte Arbeit wurde der Bewegungsmodus bipolar begeißelter Spirillen einer näheren Analyse unterzogen. Von den Ergebnissen sind folgende wesentlichen Punkte hervorzuheben: Die an beiden Enden des spiraligen Körpers befindlichen Geißeln besitzen die bekannte Kabelstruktur. Bei normaler Fortbewegung schwingen die Geißeln gleichmäßig und mit gleicher Kraftentfaltung. Bei Bewegungsumkehr findet ein gleichzeitiges Umklappen der beiden Schwingungsräume statt. Die Fortbewegungsgeschwindigkeit be-

trägt bei Spirillum volutans ca. $^1/_{10}$ mm. Die Körperschraube dreht sich aus mechanisch leicht ersichtlichen Gründen der Geißelschraube entgegengesetzt. Die Rotationsgeschwindigkeit der Geißeln beläuft sich auf 40 Umdrehungen in der Sekunde und mehr. Die Geschwindigkeit, mit der sich der Körper in das Wasser einschraubt, ist von der Rotationsgeschwindigkeit der Geißeln und von der Steilheit der Körperschraube abhängig. Theoretisch wäre bei einem Steigungswinkel von 45—54° der größte Effekt zu erwarten. Damit stimmt der empirisch beobachtete Betrag von 40° gut überein. Die gegenseitige Beziehung beider Geißelsysteme zueinander äußert sich nicht nur im gleichen Schwingungssinne, sondern auch in der gleichzeitigen Änderung der Bewegungsgeschwindigkeit. Die gewöhnliche Reaktion auf äußere Reize äußert sich darin, daß die beiden Geißeln gleichzeitig umgeklappt werden. Es findet also bloß Bewegungsumkehr, nicht bestimmt gerichtete Steuerung statt. Die Regulierung der beiden Geißelsysteme erfolgt vermutlich von einer Zentrale, die in der Nähe der Ansatzpunkte der beiden Geißeln liegt. Hier findet wohl auch die Perzeption des Reizes statt. Jede Geißel vermag selbständig zu reagieren, wie aus der Tatsache zu ersehen ist, daß unter besonderen Verhältnissen die beiden Geißeln gegensinnig arbeiten. Die Reaktionszeit beträgt weniger als $^1/_{10}$ Sekunde. Infolge der Reizung tritt eine Erschöpfung ein, die nach ca. ½ Sekunde überwunden wird. Bei dauernder Reizung findet eine rhythmisch wiederholte Auslösung der Reaktion statt, die zu pendelnden Oszillationen im Wasser führt. Der Reiz kann von einer zur andern Geißel geleitet werden. Ist der Reiz schwach oder die Empfindlichkeit herabgesetzt, dann kann die Reaktion auf eine Geißel beschränkt bleiben. Die beiden Geißeln arbeiten dann gegensinnig und der Körper steht still. Die Reizreaktion wird durch örtliches oder zeitliches Intensitätsgefälle veranlaßt. Näher untersucht wurde der Einfluß chemischer und thermischer Reize. Bei neutralen Nährsalzen und guten Nährstoffen bewirkt sowohl Steigerung wie Erniedrigung der Konzentration Bewegungsumkehr; es findet daher eine Ansammlung in einer mittleren Konzentration statt. Manche Gifte werden gemieden, anderen sind die Spirillen schutzlos preisgegeben; es wird keine Reaktion ausgelöst. Temperatursteigerung bewirkt bis zu einer gewissen schädigenden Grenze bloß Beschleunigung der Geißelbewegung, dagegen veranlaßt Temperaturabfall Bewegungsumkehr. Bei dauernder Einwirkung niederer Temperatur erfolgt ebenso wie bei konstantem Aufenthalt in schwachen Kokain- und Chloroformlösungen rhythmisches Oszillieren. „Die Grundprobleme der inneren Mechanik der Geißelbewegung unserer Spirillen" — so schließt der Verfasser seine Ausführungen —, „das Wie und Warum der Kontraktionen der Einzelgeißeln, die Ursachen des strengen Metachronismus und der Mechanismus seiner Umschaltung sind noch immer offene Fragen, die freilich direkt kaum experimentell entschieden werden können."

Über die Wirkung photodynamischer Stoffe auf Spirillum volutans und die Beziehungen der photodynamischen Erscheinung zur Phototaxis. (*Paul Metzner*, Biochemische Zeitschrift *101*, 1919.) Die photodynamischen Stoffe stellen eine bestimmte Gruppe organischer Verbindungen dar, die durch Fluoreszenz ausgezeichnet sind und ihre Wirksamkeit bloß am Lichte entfalten. Ihr Einfluß auf die Lebenstätigkeit der Bakterien wurde schon von verschiedener Seite erforscht. So ermittelte *Raab*, daß die Wachstumsgeschwindigkeit von Bacillus prodigiosus schon nach dreistündiger Einwirkung von Chinin 1 : 500, Chinolinrot 1 : 200 und Harmalinchlorid 1 : 1000 bei gleichzeitiger Belichtung in hohem Maße geschwächt wird. *Jodlbauer* und *Tappeiner* bestimmten für Bacillus prodigiosus und Proteus vulgaris die Tötungszeit durch photodynamische Substanzen und fanden, daß der Erfolg an das Vorhandensein von Sauerstoff gekettet ist. Sie stellten auch fest, daß die photodynamische Substanz katalytisch und nicht chemisch infolge ihrer Zersetzungsprodukte wirkt. Die neuen Untersuchungen von *Metzner*, die sich hauptsächlich auf Spirillum volutans erstreckten, sollten den Einfluß photodynamischer Substanzen auf die Bewegungstätigkeit klarstellen. Er arbeitete mit Eosin, Erythrosin und Methylenblau. Die Bakterien, die sich in der betreffenden Farbstofflösung befanden, wurden auf den Objektträger im Mikroskop mit Spiegelkondensor und Dunkelfeldtechnik beobachtet. Es zeigte sich, daß die Bewegung eingestellt wurde, sowie die Bakterien aus dem Dunkel in den Focus eintraten. Bei stärkeren Konzentrationen (1 : 5000) erfolgte der Stillstand fast unmittelbar, bei schwächeren dauerte es eine bis mehrere Sekunden, bis der Erfolg zutage trat. Wird vor den Spiegel eine Kuvette mit Farbstofflösung vorgeschaltet und werden somit die fluoreszierende Strahlen ausgelöscht, dann dauert die Bewegung u. z. ungestört fort. Ferner ist auch hier wie bei *Jodlbaur* das Vorhandensein von Sauerstoff notwendig. Wahrscheinlich handelt es sich bei der Wirksamkeit der photodynamischen Substanzen nicht um eine Giftwirkung, sondern um eine reine Erschöpfung. Es werden auf oxydativem Wege organische Substanzen verbraucht, so daß ein schädigender Mangel eintritt. Damit stimmt gut überein, daß chlorophyllführende Zellen viel widerstandsfähiger sind. Denn hier arbeiten bei der Belichtung die synthetischen Assimilationsvorgänge den photodynamisch bewirkten Abbauprozessen entgegen. Sehr interessant ist, daß durch das Vorhandensein von photodynamischen Stoffen Mikroorganismen, die sonst keine Phototaxis zeigen, zu negativ phototaktischen Reaktionen veranlaßt werden können. Sie schwimmen, wenn sie auf ihrem Wege an den Focus gelangen, nicht weiter, sondern kehren plötzlich um. Dies ist so zu deuten, daß „die in der Zelle bewirkte chemische Änderung nun als Reiz aufgefaßt, empfunden wird, in ähnlicher Weise wie von außen gebotene chemische Reize. Es ist durchaus möglich, daß sich die normalen phototaktischen Reaktionen, wie wir sie z. B. bei Purpurbakterien und grünen Algenschwärmern antreffen, in derselben Weise zu erklären sind. Die hier endogen vorhandenen biologischen Sensibilatoren (Chlorophyll, Bacteriopurpurin) würden in ähnlicher Weise wirken wie die photodynamischen Substanzen. Sollte sich diese Vermutung bestätigen, dann wäre das für die Deutung der phototaktischen Erscheinungen von der höchsten Wichtigkeit. *P. Stark, Leipzig.*

Berichtigung

zu dem Aufsatze (Heft 33) von *J. Wilser:* Angewandte Geologie im Feldzuge (Kriegsgeologie). Auf S. 631 in der 2. Spalte Z. 10 v. o. fehlt vor „Wasser" das Wort „nutzbares". Es soll heißen: Die Ansicht, nutzbares Wasser sei überall im Boden zu finden, ist völlig irrig.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 50. (Seite 959—992) **10. Dezember 1920.** **Achter Jahrgang.**

ZUR FEIER

DER

ENTDECKUNG DER RÖNTGENSTRAHLEN

VOR

FÜNFUNDZWANZIG JAHREN

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 2.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegramm-adresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,

Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen.
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., G. m. b. H. & Cie. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Sauerstoff-Desinfektion

der Mundhöhle zum Schutze gegen Ansteckungen (Grippe, Halsentzündung, Diphtherie, Scharlach usw.), sowie zur Erhaltung gesunder Zähne ist wirksam, bequem und ohne Nachteile ausführbar mittels

Perhydrit-Tabletten

In Wasser gelöst zum Spülen des Mundes und zum Gurgeln. Auch zur Wundreinigung geeignet.

Packungen mit 10, 25 und 50 Stück in den Apotheken und Drogerien.

(223 II)

Mikroskopische Präparate

Botanik, Zoologie, Diatomaceen, Typen- und Testplatten, Mineralogie und Geologie. Bitte zu verlangen: Liste über neue Schulsammlung mit Textheft und weiteren Angaben über Kataloge etc.

J. D. Möller, Wedel bei Hamburg
Gegründet 1864. (207)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Ultra-Strukturchemie

Ein leichtverständlicher Bericht

Von **Alfred Stock**

Zweite, durchgesehene Auflage

Mit 17 Textabbildungen

Preis M. 12.—
(und Sortimentszuschlag)

Photo-Apparate

Objektive Mikroskope

Gg. Leisegang Berlin
Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche
Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

W. C. Röntgen.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 10. Dezember 1920. Heft 50.

ZUR FEIER DER ENTDECKUNG DER RÖNTGENSTRAHLEN VOR FÜNFUNDZWANZIG JAHREN

Inhalt:

Seite

Zur Entdeckung der Röntgenstrahlen vor fünfundzwanzig Jahren. Von *W. Wien, München* 961

Röntgenstrahlen und Heilkunde. Von *Max Levy-Dorn, Berlin* 962

Die Entwicklungsgeschichte der Röntgenröhre. Von *Paul Knipping, Berlin-Dahlem* . 965

In welchem Sinne kann man von einem „Mikroskopieren" des Feinbaus der Kristalle mittels Röntgenstrahlen reden? Von *M. v. Laue, Berlin-Zehlendorf* 968

Röntgenstrahlen und Kristallographie. Von *Friedrich Rinne, Leipzig* 971

Über die Grundlagen der Röntgenspektroskopie. Von *Ernst Wagner, München* 973

Über die Bedeutung der Röntgenstrahlen für die Erforschung des Atombaus. Von *W. Kossel, München* 978

Die Befruchtung der Chemie durch die Röntgenstrahlenphysik. Von *Paul Pfeiffer, Karlsruhe* 984

Zur Entdeckung der Röntgenstrahlen vor fünfundzwanzig Jahren.

Von W. Wien, München.

Die deutsche Physik hat Anlaß, heute einen Blick nach rückwärts zu richten, auf das letzte Vierteljahrhundert ihrer Tätigkeit. Denn sie hat in dieser Zeit neue Bahnen eingeschlagen, die zu großen Erfolgen und zu einem neuen, vorher ungeahnten Felde führten, auf dem sie zur Erforschung der Bausteine der Materie, der Atome und Moleküle, vorschreitet. Andererseits muß der jetzige Augenblick zur Selbstbesinnung stimmen, weil die in der letzten Zeit vielleicht erfolgreichste deutsche Wissenschaft vor der Frage steht, ob die äußeren Verhältnisse, welche durch den politischen Zusammenbruch völlig umgestaltet sind, ihr eine weitere Tätigkeit in der bisherigen Stärke ermöglichen werden. Da so die deutsche Physik vor einem neuen Abschnitte steht, wo alles ungewiß erscheint und ihre Arbeit jedenfalls nicht in der bisherigen Weise fortgesetzt werden kann, ist es der Bedeutung der Stunde angemessen auf das Vierteljahrhundert zurückzublicken, das ihr so besondere Leistungen ermöglicht hat und sich besonders den Beginn dieses Zeitabschnitts zu vergegenwärtigen.

Vor genau fünfundzwanzig Jahren wurde diese Epoche der Physik nach den vorbereitenden Untersuchungen *Lenards* über die Eigenschaften der Kathodenstrahlen eingeleitet durch die Entdeckung, die, wie kaum eine zweite, Gemeingut aller Menschen geworden ist, der Röntgenstrahlen.

Goethe hat einmal auf den Unterschied zwischen künstlerischer und wissenschaftlicher Leistung hingewiesen, indem bei der künstlerischen alles auf das wie ankommt, während bei der wissenschaftlichen Arbeit das was von entscheidender Bedeutung ist. Deshalb spielt auch die Priorität bei wissenschaftlichen Arbeiten eine so große Rolle, während sie in der Kunst kaum mitspricht. Um viele der größten wissenschaftlichen Entdeckungen ist der Streit über den ersten Entdecker heftig entbrannt und mancher von diesen hat nahe am Ziel schließlich doch die Palme einem andern überlassen müssen.

Die Art, wie eine wissenschaftliche Entdeckung gelingt, ist sehr verschieden. Es kann eine neue Tatsache theoretisch vorausgesagt werden. Dann tritt der Beobachter selbst meistens in die zweite Reihe. Solche theoretischen Entdeckungen sind nur auf Gebieten möglich, auf denen die Theorie bereits soweit feststeht, daß logisch zwingende Folgerungen aus ihr gezogen werden können. Für die Auffindung ganz neuer und unerwarteter Tatsachen kann die Theorie meistens keine Fingerzeige geben. Im Gegenteil ist sie nicht selten hinderlich, weil manchmal ein Gebiet theoretisch abgeschlossen erscheint und dann keine neuen Tatsachen erwarten läßt.

Die Auffindung ganz neuer, von keiner Theorie vorauszusagender Vorgänge kann auf verschiedenen Wegen erfolgen. Erstens durch systematisches Absuchen eines ganzen Gebiets, in dem die Wirkung bekannter Kräfte mit anderen Vorgängen kombiniert wird. Da hierbei in den weitaus meisten Fällen das Ergebnis des Versuchs negativ ist, so gehört ein ungewöhnliches Maß von Ausdauer und sehr viel Zeit dazu, alle in Betracht kommenden Experimente, deren Erfolglosigkeit fast zur Gewohnheit werden muß, mit der nötigen Sorgfalt durchzuführen, um des Ergebnisses sicher zu sein. *Faraday*, der ein Meister dieser Art des Experiments war, hat kaum einen Nachfolger gefunden.

Vorzuziehen ist die Methode einer bestimmten experimentellen Fragestellung, bei der das Problem so zu wählen ist, daß das Ergebnis, wie es auch ausfällt, von wissenschaftlichem Wert sein muß. Ein solches Experiment war z. B. das Hindurchlassen der Kathodenstrahlen durch ein dünnes Aluminiumfenster in einen Raum von anderem Gasdruck. Wie sich auch immer die Kathodenstrahlen dort verhalten mochten, unter allen Umständen war ein interessantes Ergebnis zu erwarten. Zur Auffindung vollkommen neuer Dinge gehört aber das Zusammentreffen günstiger Bedingungen. Die eigentliche geistige Leistung besteht dann in der gesehärften Aufmerksamkeit und in der Urteilskraft, die bei unscheinbaren Vorgängen, die sich der Beobachtung darbieten, neues und wichtiges vom bekannten und unwichtigen zu unterscheiden vermag. Die Entdeckung der Röntgenstrahlen war von dieser Art. Sie hätten auf systematischem Wege durch Fortsetzung der Lenardschen Untersuchungen gefunden werden können, wenn auch niemand ihre Existenz bei den damaligen Kenntnissen zu ahnen vermochte. Wenn aber nach immer durchdringenderen Kathodenstrahlen gesucht wurde, so mußten die Röntgenstrahlen schließlich gefunden werden. Es wäre das aber doch immer eine zufällige Entdeckung gewesen, da man wohl nach sehr durchdringenden Kathodenstrahlen, nicht aber nach den wesensverschiedenen, völlig unbekannten Röntgenstrahlen suchen konnte, die überdies nicht von der Kathode, sondern von der Antikathode ausgehen. Wenn bei der Entdeckung der Röntgenstrahlen günstige Umstände zweifellos mitgewirkt haben,

so ist das auch bei vielen anderen Entdeckungen der Fall gewesen, die eher auf rein systematischem Wege hätten gemacht werden können.

Man wußte z. B. lange, daß der elektrische Funke bei der Entladung Leydener Flaschen elektrische Schwingungen erregt. Es hätte scheinbar nahegelegen, zu untersuchen, ob man auf diese Weise auch sehr schnelle elektrische Schwingungen erregen kann. Indessen ist *Hertz* zu der Herstellung dieser erst durch die zufällige Beobachtung gekommen, daß in einem benachbarten Stromkreise kleine Fünkchen an einer Funkenstrecke entstanden, welche zum Nachweis dieser Schwingungen verwandt werden konnten.

Die Röntgenstrahlen sind durch die Beobachtung aufgefunden worden, daß außerhalb der Entladungsröhre ein mit Baryumplatincyanür bestrichener Schirm durch die Röhre aufleuchtet. Hiermit war eine in wissenschaftlicher Beziehung neue Beobachtung von außerordentlicher Tragweite gemacht. Es gelang dem Entdecker in sehr kurzer Zeit, die wesentlichen Eigenschaften der neuen Strahlen festzustellen, nämlich, daß sie weder durch einen Magneten noch durch elektrische Kräfte abgelenkt werden, daß sie nicht gespiegelt und nicht gebrochen werden, daß sie aber ein größeres Durchdringungsvermögen besitzen als die andern bisher bekannten Strahlen, daß sie die besondere Eigenschaft haben, die Luft leitend für die Elektrizität zu machen.

Während nun die Entdeckung der Röntgenstrahlen der Physik den Anlaß gab, die Entstehungsweise dieser Strahlen näher zu untersuchen, wodurch dann die neuere Entwicklung unserer Wissenschaft wesentlich bedingt war, ist das Durchdringungsvermögen der Röntgenstrahlen, verbunden mit der Eigenschaft, nicht gespiegelt und nicht gebrochen zu werden, also alle Körper auf geradlinigem Wege zu durchdringen, der Grund für ihre außerordentliche Bedeutung für die medizinische Diagnose geworden. Erst viel später kam die Anwendung für Heilzwecke hinzu, nachdem die gefährlichen Hautverbrennungen die Wirksamkeit in dieser Richtung gezeigt hatten.

Wenn wir auf die fünfundzwanzig Jahre, die seit der Entdeckung der Röntgenstrahlen verstrichen sind, zurückblicken, so werden wir die außerordentliche Schnelligkeit gewahr, mit der die moderne reine und angewandte Wissenschaft vorschreitet. Die Beobachtung eines unscheinbaren, von den meisten übersehenen Vorgangs führt zu einer gewaltigen Anregung und Umwälzung in der physikalischen Wissenschaft, führt zu technischen Anwendungen der mannigfaltigsten Art. Wir haben eine glänzende Leistung deutscher Wissenschaft vor uns, und wie sich auch ihre weitere Entwicklung gestalten möge, die Entdeckung der Röntgenstrahlen wird immer zu denen gehören, welche die Bedeutung deutscher wissenschaftlicher Arbeit der Welt vor Augen führt.

Röntgenstrahlen und Heilkunde.

Von Max Levy-Dorn, Berlin.

Die Röntgenstrahlen haben wohl kein Gebiet so reich befruchtet wie die Heilkunde. In den fünfundzwanzig Jahren, welche seit ihrer Entdeckung verflossen sind, wurde das verheißungsvolle Zeichen der Röntgenschen Skeletthand nicht nur nicht Lügen gestraft, sondern das Ziel, auf welches es zu weisen schien, bei weitem übertroffen. Hat doch außer der Kenntnis des kranken und des gesunden Knochengerüstes auch die Erforschung der Weichteile und der Hohlräume des menschlichen Körpers einen neuen Aufschwung genommen und offenbarte sich doch darüber hinaus eine in den Strahlen liegende Heilkraft, an welche man im Anfang am wenigsten gedacht hatte.

Nimmermehr wäre aber der Fortschritt auf medizinischem Gebiete zu erzielen gewesen, wenn nicht die Techniker die Strahlen liefernden Apparate auf eine so hohe Stufe der Vollkommenheit gebracht hätten, daß wir imstande sind, nicht allein Strahlen von beliebiger Beschaffenheit und Menge zu erzeugen, sondern auch den Forderungen des Arztes an die Ausdauer der Apparate in jeder Weise gerecht zu werden.

Die Früchte, welche die Röntgenstrahlen zeitigten, fielen dem Arzt nicht mühelos in den Schoß. Neue Untersuchungs- und Behandlungsmethoden mußten ersonnen, unzählige Erfahrungen gesammelt werden, so daß heute nur jemand das Verfahren vollkommen beherrschen kann, der sich im Hauptamt damit beschäftigt.

Die ärztlichen Untersuchungen mittels Röntgenstrahlen werden entweder auf dem Wege der Durchleuchtung oder des photographischen Aufnahmeverfahrens ausgeführt. Bei der Durchleuchtung wird eine auf Karton gleichförmig verteilte Masse, ein sogenannter Schirm, zur Luminiszenz gebracht. Man gebrauchte früher fast ausschließlich dazu das Barium-Platin-Cyanür, weil es die hellsten Lichter gibt. Es hat aber den Fehler, daß es leicht durch den Gebrauch und durch Hitze seine Fähigkeit hierzu einbüßt, und wird daher jetzt immer mehr durch das haltbarere Villemit (kieselsaures Zink) verdrängt, seitdem es gelungen ist, ein Präparat zu schaffen, das an Leuchtkraft dem Barium-Platin-Cyanür gleicht oder es sogar übertrifft.

Die Wirkung der Röntgenstrahlen auf die

photographische Platte gleicht im wesentlichen der des gewöhnlichen Lichtes. Da die Strahlen sich geradlinig ausbreiten, vermögen sie von solchen Körpern, welche von ihnen mehr oder weniger stark durchdrungen werden als ihre Nachbarschaft, scharf umschriebene Schatten auf dem Schirm oder der Platte zu entwerfen. Aus der Tiefe und Form der Schatten vermag der Arzt wichtige Schlüsse zu ziehen, z. B. kann er erkennen, ob ein Gewebe abnorm durchlässig für die Strahlen geworden ist, etwa im Knochen infolge von Tuberkulose, Geschwulst usw., oder ob die Form vielleicht durch einen Bruch verändert ist. Siehe Fig. 1 und 2.

Fig. 1. Bruch der beiden Unterschenkelknochen.

Ursprünglich reichte die Technik nur aus, kleine Körperteile, wie Hände und Füße, darzustellen. Wollte man sie auf die photographische Platte bringen, so mußte man sie dazu noch übermäßig lange, bis ½ Stunde und länger exponieren. Heute sind wir imstande, jeden Körperteil, auch Rumpf und Schädel zu röntgenographieren. Die Exposition braucht bei allen nur Bruchteile einer Sekunde zu betragen. Die Forschung konnte daher auch auf unruhige Körperteile, wie Lungen und Magen, mittels der photographischen Platte erfolgreicher als bisher ausgedehnt werden, während vorher infolge der Bewegung solche Teile nur verschwommen wiedergegeben wurden.

Selbst die Röntgenkinematographie hat bereits beachtenswerte Erfolge erzielt; man ist imstande, bis 6 Aufnahmen in einer Sekunde anzufertigen. Zwar hatten wir im Schirmverfahren schon längst ein Mittel, den schnellsten Bewegungen zu folgen, da die Bilder des Schirmes momentan entstehen und vergehen; dafür aber zeigen sie weniger Feinheiten, verlangen wegen ihrer flüchtigen Natur schnellere Auffassung, als bei der Kompliziertheit der zu unterscheidenden Gegenstände auch für den Geübten bisweilen möglich ist. Die Schnellaufnahme bildet daher eine notwendige Ergänzung, doch kann die Platte nie einen vollständigen Ersatz für den Schirm bilden, da die Aufnahme nur eine Projektion wiedergibt, erheblich größere Umstände und Kosten verursacht als die einfache Durchleuchtung. Bald müssen beide Hand in Hand arbeiten, bald muß die Platte, bald der Schirm vorgezogen werden. Es ist Sache des Fachmannes zu entscheiden, welches Verfahren am Platze ist.

Fig. 2. Hochgradige Erweichung des Oberschenkelknochens durch Krebs.

Das einzelne Röntgenbild gibt noch keine plastische Vorstellung von dem dargestellten Gegenstand, sondern nur eine schattenhafte Projektion in einer Ebene. Für eine Reihe von Aufgaben, z. B. der Ortsbestimmung von Fremdkörpern, sind daher mindestens 2 Aufnahmen in verschiedenen Richtungen nötig. Die Verknüpfung beider Bilder ist aber umständlich, weil sie für jeden Objektpunkt mittelst Rechnung und Messung gesondert geschehen muß. — Wir können aber auch einen unmittelbaren plastischen Eindruck durch Stereoskopaufnahmen hervor-

rufen und dadurch die Orientierung erleichtern. Die Technik bietet heute selbst für stereoskopische Schnellaufnahmen, z. B. des Brustkorbes, keine unüberwindlichen Schwierigkeiten mehr.

Eine unumgängliche Notwendigkeit besteht für den untersuchenden wie auch behandelnden Arzt, die Möglichkeit zu besitzen, nach Bedarf die geeignete Strahlenqualität hervorrufen zu können. Für die Therapie tiefliegender Geschwülste gebraucht man z. B. sehr harte, d. h. stark durchdringende Strahlen, für die Untersuchung der Lungen weiche Strahlen. Die Regulationen, durch welche man das Gewünschte herbeiführen kann, ließen lange zu wünschen übrig, so daß man auf den Besitz mehrerer ausprobierter Röhren für die verschiedenen Zwecke angewiesen war. Heute ist die Regulierung aber ungemein vervollkommnet und wir verfügen über Röhren, die sich für alle Zwecke leicht einstellen lassen. Beide Haupttypen, die sog. lufthaltigen Tiefvakuum- oder Ionenröhren einerseits und die luftleeren, Hochvakuum- oder Elektronenröhren andererseits vermögen dieser Aufgabe zu genügen, wenn auch letztere in dieser Hinsicht leichter zu handhaben sind.

Die ersten Ärzte, die sich mit den Röntgenstrahlen beschäftigt haben, erlitten durch sie Schaden an ihrer Gesundheit. Der Gebrauch der Strahlen wurde dadurch nicht beeinträchtigt, da die Erkenntnis der Schädlichkeit schnell zum Ersinnen von geeigneten Schutzmaßregeln führte. Der Arzt kann also heute mit einem fast vollendeten Rüstzeug angetan, an seine Aufgabe, die Röntgenstrahlen für die Heilkunde zu verwerten, herantreten.

Bei der Untersuchung mit Röntgenstrahlen tritt dem Arzt eine neue Welt von Erscheinungen entgegen, da die Körper farblos, ohne rechte Perspektive, je nach der Durchlässigkeit für die Strahlen und nach der Dicke verschieden schattiert wiedergegeben werden. Der Arzt muß daher, wie bei anderen Hilfsmitteln, in erster Linie die normalen Verhältnisse studieren. Eine umfangreiche Literatur und zahlreiche Atlanten vermögen ihn heute hierin zu unterstützen und zu leiten; auch einige alte Forschungen, die früher wenig vom Praktiker beachtet wurden, werden dabei mit großem Nutzen herangezogen. Ich erinnere nur an die Studien über die Sesambeine, die kleinen angeborenen, nicht krankhaften Knöchelchen, welche oft unregelmäßig, besonders in Händen und Füßen auftreten und leicht mit Absprengungen verwechselt werden können.

In zahlreichen Fällen kommt heute für die Diagnose den Röntgenstrahlen eine ausschlaggebende Rolle zu. Ob ein Knochenbruch vorliegt oder eine Verrenkung oder eine Weichteilquetschung, Deformitäten, Entwicklungsstörungen vorhanden sind, ob Erweichungsherde, Geschwülste usw. im Knochen, ob Verknöcherungen angenommen werden müssen, kann oft ohne die Röntgenstrahlen nicht entschieden werden. Von dem Vorteil, welchen sie für das Auffinden metallischer Fremdkörper leisten, haben infolge des Krieges unzählige persönlich sich überzeugen können.

Bei Lungenleiden aller Art, wie Schwindsucht im Beginn und weiteren Verlauf, Eiterherden, bei Geschwülsten der Lunge und des Mittelfells, bei Erweiterungen und Aussackungen der Aorta, bei Ergüssen im Lungensack, bei Verwachsungen seiner Blätter, bei Vergrößerung und Formveränderung des Herzens, bei Störungen der Bewegung des Zwerchfells — ja die Röntgenstrahlen tragen bei den meisten Erkrankungen überhaupt dazu bei, dieselben zu erkennen, fördern

Fig. 3. Magen und angrenzender Teil des Zwölffingerdarmes (Duodenum). Füllung mit Wismutbrei. Diagnose: Hängemagen und Geschwür am Duodenum (vgl. →).

unser Urteil über ihre Schwere und Ausbreitung und erleichtern die Entscheidung, ob sie im Verlauf der Behandlung sich bessern oder verschlechtern.

Für das Erkennen der Speiseröhren-, Magen- und Darmleiden haben die X-Strahlen erst auf Umwegen eine besondere Bedeutung erlangt. Man sieht nämlich die Verdauungsorgane nicht direkt im Röntgenlicht, sondern erst, nachdem sie mit schwer durchlässiger Masse, wie Wismut (bismutum carbonicum), Zirconoxyd oder Barium sulfuricum, gefüllt sind. Es wird ein Brei benutzt, in welchem diese Körper als feine Pulver verteilt sind. Man sieht zwar dann nicht die Hohlorgane, sondern ihre Ausgüsse, kann aber aus der Form derselben und aus der Art ihrer

Bewegung in den Speisewegen ungemein wichtige Schlüsse ziehen. Das Erkennen von Verengerungen, Geschwüren, Verwachsungen und Geschwülsten, Verlagerung der Magendarmteile wurde hierdurch wesentlich gefördert. (Siehe Fig. 3.)

In den Harnwegen, d. h. Nieren, Harnleiter und Blase, lassen sich „Steine" erheblich sicherer und leichter mit Röntgenstrahlen feststellen als mit den alten Methoden. Bei anderen Erkrankungen bringen sie ebenfalls, wenn auch geringeren Nutzen. Hierbei läßt sich ähnlich wie bei den Speisewegen durch Einführen von schwer durchlässigen Massen in die Harnwege die Diagnose verfeinern. Für diese Zwecke hat sich besonders eine Lösung von Collargol (Silberpräparat) bewährt.

Die geringen Mengen von Röntgenlicht, die wir für das Erkunden von Körperzuständen gebrauchen, stiften keinen Schaden. In stärkerer Intensität aber angewandt, bringen die Röntgenstrahlen gewaltige Veränderungen im Organismus hervor — teils schädliche, teils nützliche —, je nachdem sie geleitet werden. Zuerst lenkten Verbrennungen der Haut, mit Haarausfall verknüpft, die Aufmerksamkeit auf sich. Es können Entzündungen aller Grade und schließlich überaus hartnäckige Geschwüre entstehen. Später fand man, daß die Strahlen eine weit vielseitigere und tiefergehende Wirkung ausüben. Im besonderen werden die Geschlechtsteile von Mann und Frau und die blutbildenden Organe stark beeinflußt. Der Stoffwechsel und das Nervensystem können Veränderungen aufweisen. Am empfindlichsten sind die Gebilde während der Entwicklung; man hat zum Beispiel junge bestrahlte Tiere im Wachstum zurückbleiben gesehen.

Je nach der Menge wirken die Strahlen im allgemeinen verschieden, und zwar geringere Dosen anregend, größere lähmend auf die Lebenserscheinungen. Man hat mit großem Erfolge die Strahlen auch gegen krankhafte Zustände versucht. Bei vielen Haut- und Frauenleiden, Blutveränderung, bei Erkrankungen der Lymphdrüsen, der Milz oder des Knochenmarks, bei bösartigen Geschwülsten, bei Tuberkulose, zum Entfernen von Haaren (Epilation), seit kurzem auch zur Blutstillung (um das Hauptsächlichste zu nennen) stiften sie großen Segen. Allerdings genügt es nicht, die Bestrahlung dabei leichthin anzuwenden. Schon die Möglichkeit, schaden zu können, sollte davon zurückhalten, ohne genügende Sachkenntnis eine Bestrahlung vorzunehmen. Es ist daher Zeit, daß endlich auf allen unseren Hochschulen die Röntgenkunde würdig vertreten wird, um die Medizinstudierenden besser darin auszubilden. Gerade ein Fach, von dem fast alle Kreise der Heilkunde Nutzen ziehen, muß in seiner gemeinsamen Grundlage an einer geeigneten Stelle gelehrt werden, wie die chirurgischen Vorschriften und Maßnahmen, die doch auch nicht etwa in der Frauen-, Ohrenheilkunde oder dgl. abgetan werden, sondern in der Chirurgie, obwohl sie dort ebenfalls dringend gebraucht werden.

Wir können heute noch nicht nach allen Richtungen die Reichweite des Nutzens der Röntgenstrahlen ermessen, aber das bisher Erzielte beweist schon, daß das Röntgensche Geschenk eine der größten Wohltaten für die leidende Menschheit bedeutet. Die Ärzte als die Vertreter der Heilkunde, wie die Kranken haben alle Ursache, zum 25-jährigen Jubiläum der Entdeckung der neuen Strahlen in höchster Dankbarkeit *Röntgen* zu huldigen. Sie können es nicht besser tun, als indem sie geloben, keine Opfer zu scheuen, welche der Ausbau der Forschung und die Anwendungen der Strahlen erfordern. Sie fördern damit zugleich das Allgemeinwohl; denn nur kulturelle Fortschritte können uns aus dem jetzigen Elend retten.

Die Entwicklungsgeschichte der Röntgenröhre.

Von Paul Knipping, Berlin-Dahlem.

Es gibt nur *eine* Möglichkeit, Röntgenstrahlen zu erzeugen, nämlich den klassischen Weg, den *Röntgen* gewiesen hat. Seine damaligen Hilfsmittel haben im Laufe der vergangenen 25 Jahre mancherlei Wandlungen durchgemacht, die es sich wohl zu verfolgen lohnt, denn es ist viel Arbeit auf ihre Vervollkommnung verwendet worden, besonders nachdem die Praxis, speziell die medizinische, betriebssichere und leistungsfähige Apparate verlangte. Wir lassen hier indessen den Entwicklungsgang aller *der* Vorrichtungen und Meßinstrumente beiseite, welche die zum Röntgenbetriebe benötigten hochgespannten Ströme liefern und kontrollieren, und beschränken unsere zurückschauende Betrachtung allein auf die Röntgenröhre, die recht eigentliche Lampe, aus der jene früher so rätselhafte Strahlung hervorkommt, die in den Händen des Arztes so viel Segen gestiftet und in letzter Zeit uns ungeahnte und ungeheuer große Fortschritte in der physikalischen Erkenntnis geliefert hat.

Diese Röntgenröhre, ehemals ein launenhaftes und zerbrechliches kleines Ding, ist heute ein Gerät, welches durchaus betriebssicher und unvergleichlich viel leistungsfähiger ist als sein Urbild. Zum Anfang machen wir uns ein Schema von dem Wesentlichen einer Röhre und betrachten dann die Entwicklungsstufen von der Zeit *Röntgens* bis jetzt. Eine Röntgenröhre, wie man sie heutzutage meist gebraucht, ist eine Glaskugel,

in der die Luft ungefähr auf ein millionstel Atmosphäre ausgepumpt ist, und die verschiedene Elektroden enthält. Die Kathode, mit dem negativen Pol der Leitung verbunden, sendet ein Elektronenbündel aus, die Kathodenstrahlen. Diese fallen auf eine der Kathode gegenübergestellte Elektrode, die Anode oder „Antikathode", die mit dem positiven Pol verbunden ist. Dabei wird die Energie dieser Strahlung (leider zu einem betrübend kleinen Bruchteil) in Röntgenstrahlen verwandelt. Außer diesen beiden Elektroden findet man noch weitere und ferner Hilfsvorrichtungen, die im Augenblick kein prinzipielles Interesse haben und zum Teil nachher besprochen werden sollen.

Die ersten Röhren, mit denen *Röntgen* seine grundlegenden Versuche anstellte, sahen anders aus. Es waren gewöhnliche Hittorfsche Röhren, bei denen die Anode nicht, wie in unserm Schema, im Strahlengang der Kathodenstrahlen stand, sondern an einer beliebigen Stelle in einer seitlichen Ausbauchung. Sie hat nichts mit der Erzeugung der Röntgenstrahlen zu schaffen. Diese werden vielmehr von *dem* Teil der Glaswand ausgesandt, welcher von den Kathodenstrahlen getroffen wird, wie es *Röntgen* in den Annalen 1898, Band 64, § 12 beschreibt. Bald erkannte *Röntgen* (siehe § 13 und § 20), daß unter sonst gleichen Bedingungen die Intensität seiner X-Strahlen erheblich steigt, wenn man die Kathodenstrahlen nicht auf die Glaswand, sondern auf Körper von hohem Atomgewicht fallen läßt. Demzufolge stellte er in den Strahlengang der Kathodenstrahlen die obengenannte Antikathode, die auf ihrer Vorderseite mit Platin bedeckt war.

Häufig ist es erwünscht, daß nicht die ganze Oberfläche der Antikathode den Ausgangsort für die Röntgenstrahlung bildet, man braucht hierzu einen möglichst engen Bereich, einen „Brennfleck". Zu diesem Zweck gab *Röntgen* der Kathode hohlspiegelförmige Gestalt, und, da die Kathodenstrahlen senkrecht von der Kathodenoberfläche ausgehen, stellte er die Antikathode in den Krümmungsmittelpunkt des Kathodenspiegels und erhielt so einen punktförmigen Ausgangsort für die Röntgenstrahlung. Nun war er in der Lage, *scharfe* Schattenbilder zu erzeugen[1]). Diese zuletzt kurz skizzierte Form hat sich prinzipiell bis heute erhalten.

Alle Arbeit, die weiter geleistet ist, erstreckt sich im wesentlichen auf die Elektroden und das Vakuum. Und das hat folgende Gründe:

Nur ein bis zwei Tausendstel der Kathodenstrahlenergie wird in Röntgenstrahlung umgewandelt, der ganze übrige Rest kommt als Wärme zum Vorschein. Eine Röntgenröhre, die bei 50 000 Volt von 5 Milliampère durchflossen wird, entwickelt eine Gesamtwärme wie etwa eine Glühlampe von 250 Normalkerzen. Die Wärmeentwicklung tritt in erster Linie an *der* Stelle auf, wo die lebendige Kraft der Elektronen beim Aufprallen auf die Antikathode vernichtet wird. Bei früheren geringen Belastungen konnte das Antikathodenblech dabei in Glut geraten, und durch Strahlung und Konvektion die Wärmeabfuhr stattfinden. Dieser Weg reicht aber bei größeren Intensitäten bei weitem nicht mehr aus, und man ist gezwungen, zu künstlicher Kühlung zu greifen. Teils geschieht dies durch Leitung längs dem Träger der Antikathode, welcher zu diesem Zweck aus einem Kupferstab von ziemlichem Querschnitt besteht, nach außen. Außerhalb des Glases wird dann die Wärme durch einen Körper von großer Oberfläche an die Luft abgegeben. Oder man kühlt vermittelst der Schmelzwärme von Substanzen mit niedrigem Schmelzpunkt und großer Schmelzwärme, besser durch Verdampfungswärme von Wasser, auch fließendes Wasser, oder Preßluft. So entstanden die mannigfachen Röhrentypen, wie sie heute im Handel sind. Wo es sich um zwar hohe, aber nur kurzdauernde Beanspruchung handelt, kommt man mit großen Metallmassen an der Antikathode aus oder ersetzt heißgewordene Teile der Antikathode durch kalte, indem man die Antikathode als Hohlkörper ausbildet und ihren Kern nach Bedarf auswechselt (Zangenröhre).

Nächst der Erwärmung der Antikathode kommt die der Glaskugel in Frage. Sie empfängt ihre Wärme teils von der heißen Antikathode, teils durch den Aufprall *der* Kathodenstrahlen, die von der Antikathode reflektiert sind. Um eine gefahrdrohende Temperaturerhöhung hintanzuhalten, genügt es, den Durchmesser der Kugeln groß genug zu bemessen. Gegenüber diesen beiden Wärmequellen ist die Erwärmung der Kathode durch das Bombardement der positiven Ionen gering.

Unzulässige Temperatursteigerung ist auch aus einem ganz anderen Grunde zu vermeiden. Für einen regelrechten Betrieb ist es wesentlich, daß der Gasdruck in der Röhre konstant ist. Diese Absicht wird durchkreuzt durch zwei Vorgänge, von denen der eine die Temperaturerhöhung ist. Bei einer solchen nämlich treten Gasreste aus allen Teilen der Röhre aus und verschlechtern dadurch das Vakuum und ändern den Härtegrad der Strahlung. Der andere Vorgang liegt in der Eigenschaft des Ionenstoßes (der die Elektronen an der Kathode hervorbringt), dabei das Metall vornehmlich an der Kathode zu zerstäuben. Hierbei wird eine wesentliche Menge der Gasreste mechanisch unter der zerstäubten Schicht an der Glaswand festgehalten, vielleicht auch auf andere Weise gebunden, auf jeden Fall der Röhre entzogen, welche durch diesen Vorgang härter wird, bis zur schließlichen Unbrauchbarkeit. Diese Erscheinung läßt sich in gewissen Grenzen halten, wenn man als Kathodenmaterial Aluminium verwendet, da dieses in der

[1]) Derartige Aufnahmen, deren Schönheit man noch heute bewundert, und Röhren, die aus *Röntgens* Hand hervorgingen, sind in größerer Zahl im Deutschen Museum in München zu sehen.

üblichen Gasfüllung nur wenig zerstäubt. Den ersten Vorgang, den Gasaustritt, kann der Fabrikant einschränken, wenn er bei der Herstellung die Röhren auf höhere Temperatur bringt, als sie später im Betrieb haben. Der zweite Vorgang zwingt dazu, während des Gebrauches Gas in die Röhre hineinzulassen oder in ihr zu entwickeln. Demgemäß unterscheidet man äußere und innere „Regeneriervorrichtungen". Zu jenen gehört vor allem die von *Villard* angegebene Osmo-Regulierung, bei der durch ein glühendes Palladiumröhrchen Wasserstoff in die Röhre diffundiert. Weiter ist hier aufzuzählen das sogenannte Bauerventil, welches im wesentlichen aus einem feinporigen Tonpfropfen besteht, der normalerweise von einer Quecksilberschicht überdeckt ist, durch den aber Luft hindurchtreten kann, wenn man den Quecksilbertropfen wegschiebt. Bei der *inneren* Regenerierung befinden sich im Röntgenrohr Körper wie Kohle oder Glimmer oder auch früher Ätzkali (schon von *Crookes* angewandt, von *Queen* zuerst an der Röntgenröhre angebracht), welche beim Erwärmen Gase abgeben. Diese Erwärmung kann, wie bei der äußeren Regenerierung, willkürlich von Hand geschehen, indessen ist es besonders vorteilhaft, die Einrichtung so zu gestalten, daß sich die Röntgenröhre automatisch regeneriert. Den ersten Schritt hierzu hat *Queen* getan, indem er zur Erwärmung seines Ätzkalis Kathodenstrahlen verwendete, die in einem zweiten Rohr, welches an das erste angeblasen und ihm elektrisch über eine einstellbare Funkenstrecke parallel geschaltet war, dann und nur dann erzeugt wurden, wenn das Vakuum der Röntgenröhre zum ordentlichen Betrieb nicht mehr ausreichte. In diesem Fall wurde die Funkenstrecke überschlagen. Die im zweiten Rohr nun entstehenden Kathodenstrahlen erwärmten das Ätzkali, welches dabei Gas an die Röntgenröhre abgab, die dadurch wieder in Betrieb kam. Sowie dies geschah, hörte im Hilfsrohr die Entladung und damit die Gasentwicklung auf. Nach diesem Vorbild, aber in einfacherer und besserer Form, sind alle die Regeneriervorrichtungen gebaut, die wir an Röhren von *Gundelach* oder *Burger* oder *Müller* und anderen sehen. Man sollte meinen, daß durch diese künstliche Gaseinführung die Röntgenröhre unbegrenzt lange betriebsfähig sein müßte. Dies ist aber nicht der Fall, sondern schließlich geht jede Röntgenröhre ihrem Ende entgegen (Pseudohochvakuum), weil ihr die zum Erzeugen der Elektrizitätsträger nötigen elektronegativen Substanzen fehlen.

Diesen Schwierigkeiten, bestehend aus der trotz aller hineingesteckten Arbeit doch mangelhaften Regenerierung und der beschränkten Lebensdauer der Röhre, entgeht man mit einem Schlage bei den „vom Gasdruck unabhängigen" Röhren, welche zuerst von *Lilienfeld* und dann in vereinfachter Form von *Coolidge* angegeben sind. Beide verlassen das bisher benutzte Prinzip, die zum Betrieb nötigen Elektronen durch Ionenstoß zu erzeugen, sie bringen vielmehr als Elektronenquelle einen Glühdraht an, der Elektronen aussendet, sowie er in Glut gebracht ist. Beide können daher auf den restlichen Gasinhalt verzichten und treiben das Vakuum so hoch, wie es die beste Technik heute erlaubt. Eine derartige Röhre hat bei kaltem Glühdraht einen so hohen Widerstand, daß die Hochspannungsentladung nicht mehr hindurchgeht. Diese kann erst zustandekommen, wenn der Glühdraht in Betrieb gesetzt wird. Nun steigt aber die Anzahl der Elektronen, die ein solcher Glühdraht aussendet, mit steigender Temperatur, so daß man es in der Hand hat, allein durch Einstellung des Glühgrades eine beliebige Anzahl von Elektronen und damit jeden Grad der Leitfähigkeit zu erzeugen. Auf diese Weise ist man in der Lage, bei gegebener Spannung die Strahlenhärte durch den Glühgrad einzustellen.

Im einzelnen unterscheiden sich beide Röhren in verschiedenen Punkten. Bei der *Lilienfeld*-Röhre hat man zwei Räume, die durch die Kathode voneinander getrennt sind. Die Kathode indessen hat ein kleines Loch. In dem einen Raum ist der Glühdraht von beliebiger Form und eventuell eine Hilfselektrode angebracht, in der zweiten die Antikathode. Die vom Glühdraht kommenden Elektronen werden durch ein kleines Feld auf die Hilfselektrode und weiter auf die Kathode gezogen und fallen durch die kleine Bohrung in der Kathode auf die Antikathode. Für diese ist die übliche Form mit Wasserkühlung beibehalten.

Coolidge hingegen bringt den Glühdraht in der Röntgenröhre selber an. Er besitzt die Form einer kleinen Flachspirale, die von einem Zylinder umgeben ist, dessen Achse und Öffnung auf die Antikathode weist. An der Öffnung dieses Zylinders bildet sich das Hochspannungsfeld in einer Weise aus, daß die zunächst nach allen Seiten gehenden Elektronen zu einem Bündel gesammelt und als scharfer Kathodenstrahl auf die Antikathode geworfen werden. Auch dieser Elektrode gibt *Coolidge* eine neuartige Form, indem er sie ganz aus Wolfram bildet. Auf einem langen kräftigen Draht als Träger ist der Antikathodenkörper, ein schwerer Wolframklotz (neuerdings zur Vergrößerung der Ausstrahlung von einem Eisenkörper umgeben) aufgenietet. Diese Antikathode besitzt keine eigentliche Wärmeableitung nach außen und kommt daher bei den starken Belastungen, die man diesem Rohr zumuten darf, auf sehr hohe Temperaturen, die indessen unschädlich sind, da der Schmelzpunkt der höchste ist, den wir kennen und da das Material leicht gasfrei zu bekommen ist. Die Wärmeabgabe erfolgt also ausschließlich durch Strahlung.

Für bestimmte Anwendungen, die im Laboratorium liegen, hat *Siegbahn* diese *Coolidge*röhre noch vervollkommnet, indem er sie fast ganz aus

Metall herstellt. Aus einem Glasschliff besteht ausschließlich *der* Teil, der die Antikathode in die Röhre einführt. Der Austritt der Strahlung geschieht durch ein Fenster, welches mit feiner Aluminiumfolie bedeckt ist. Der Metallkörper wird gleichfalls wie die Antikathode mit fließendem Wasser gekühlt, und dann kann man der Röhre leicht 1—2 Kilowatt zumuten, ein Betrag, der die Energie, mit der *Röntgen* arbeitete, um ein hohes Vielfaches übertrifft.

In welchem Sinne kann man von einem „Mikroskopieren“ des Feinbaus der Kristalle mittels der Röntgenstrahlen reden?

Von M. v. Laue, Berlin-Zehlendorf.

Es ist oft, auch in dieser Zeitschrift, auseinandergesetzt worden, daß man den Aufbau der Kristalle aus den Atomen erst mikroskopieren konnte, seit man in den Röntgenstrahlen Schwingungen von genügend kleiner Wellenlänge kennen gelernt hatte. So wahr das ist, so wird doch dabei der Begriff „mikroskopieren“ in einem Sinne angewandt, der von dem Gebräuchlichen ein wenig abweicht. Und so mag bei dieser festlichen Gelegenheit einmal untersucht werden, welche Bedeutung hier diesem an die optische Abbildung feiner Strukturen erinnernden Wort beizulegen ist.

Gehen wir zurück auf die Geschichte des Mikroskops. Lange hatte man geglaubt, die Vergrößerung immer weiter treiben zu können, wenn man nur immer geeignetere Wahl der Brennweiten von Objektiv und Okular verbände mit einer fortschreitenden Verbesserung in der Vereinigung der von einem Objektpunkt ausgehenden Strahlen im Bildpunkt. Das war der Standpunkt der rein geometrischen, allein mit dem Begriff des Lichtstrahls arbeitenden Optik. Daß es Grenzen für deren Gültigkeit gibt, bedingt durch die Wellenlänge des Lichts, und daß dieselben Grenzen auch das erreichbare Auflösungsvermögen eines Mikroskops einschränken, das hat erst *Ernst Abbe* gesehen. Darauf beruht sein großes Verdienst um den Mikroskopbau. Seine Überlegungen knüpfte er mit Vorliebe an die Abbildung eines optischen Gitters an. Sie eignen sich daher vorzüglich für unsere Zwecke, da man ja auch beim Kristallbau mit Gittern, d. h. Gebilden mit periodischen Wiederholungen zu tun hat.

Lassen wir einfarbiges Licht durch ein auf Glas geritztes Gitter hindurchgehen, so entstehen an ihm eine mehr oder minder große Zahl abgebeugter Strahlen zu beiden Seiten des einfallenden Strahls, welcher gerade hindurchgeht. In der Reihenfolge, in der sie sich an diesen anschließen, bezeichnet man sie mit Ordnungszahlen, doch gibt es von jeder Ordnung im allgemeinen zwei Spektren, nämlich je eins auf jeder Seite des einfallenden Strahls. Dieser hat also zu nächsten Nachbarn die beiden Spektren erster, dann folgen die beiden Spektren zweiter Ordnung usw. Die Zahl dieser Spektren ist meist dadurch begrenzt, daß die höheren Ordnungen mit wachsender Ordnungszahl rasch an Intensität abnehmen. Doch kann es auch vorkommen, namentlich bei sehr fein geteilten Gittern, daß wegen des großen Winkelabstandes benachbarter Strahlen der ganze Winkelraum für die höheren Ordnungen nicht ausreicht, so daß diese fortfallen.

Man kann die Gitterspektren, wie man die abgebeugten Strahlen nennt, auf einem Schirm, auf den man sie fallen läßt, sichtbar machen. Aber man zieht meist vor, sie durch eine Linse gehen zu lassen. Dann erhält man nämlich von jedem abgebeugten Strahl in der Brennebene der Linse ein scharfes Bild jener Blende, welche den einfallenden Strahl, bevor er das Gitter traf, am engsten einschnürte.

In dieser Weise wirkt auch die Objektivlinse eines Mikroskops, welches wir auf das Gitter richten. Und man kann diese Bilder unmittelbar sehen, wenn man das Okular entfernt und sein Augenmerk auf die Brennebene des Objektivs richtet, die dicht hinter ihm zu liegen pflegt. Fig. 1 deutet sie in den durch einen Kreis oder Ellipsen umrandeten Flecken an; es sind in ihr zwei Spektren erster und zwei von der zweiten Ordnung gezeichnet. Außer dem in ihnen vereinigten Licht kommt keins ins Mikroskop. Alles, was wir mit dem Instrument sehen können, muß sich daher aus diesen Gitterspektren heraus verstehen lassen.

Nun hat schon *Fizeau* die Interferenzerscheinung hervorgebracht, die bei der Überlagerung zweier Lichtwellen entsteht, wenn diese von zwei nebeneinanderliegenden, kohärenten Lichtquellen ausgehen. Es entstehen dann geradlinige, abwechselnd helle und dunkle Streifen. So auch im Mikroskop. Sie stellen das optische Bild des Gitters dar, und das Okular tut nichts hinzu, als daß es dies sehr enge Streifensystem wie jede Lupe vergrößert.

Allerdings wirken im Mikroskop unter einigermaßen günstigen Verhältnissen mehr als zwei kohärente Lichtquellen zusammen. Aber das ändert nur die Verteilung der Helligkeit in diesem Streifensystem. Hatten wir nämlich zunächst nur einen sehr allmählichen Übergang von einem hellen zum nächsten dunklen Streifen, so kommen jetzt andere Verteilungen zustande. Das Bild gibt mehr Einzelheiten, man kann etwas von

den wirklichen, doch ziemlich scharfen Rändern der eingeritzten Gitterstriche erkennen (Fig. 2).

Die Probe, welche *Abbe* für seine Theorie gab, ist sehr einfach und überzeugend. Er blendete nämlich einen Teil jener Blendenbilder in der Brennebene des Objektivs ab — ein Versuch, den

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

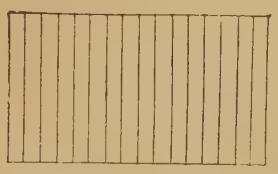


Fig. 4.

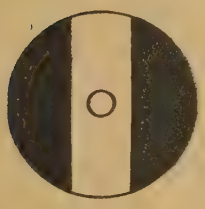


Fig. 5.

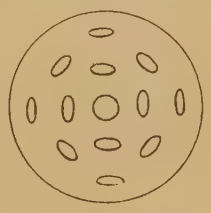


Fig. 6.

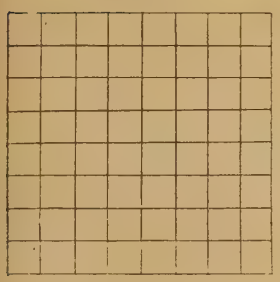


Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 9.

man mit einem geeignet eingerichteten Mikroskop jederzeit leicht wiederholen kann. Dann verändert sich das „Bild“ des Gitters, unter Umständen bis zur vollen Unkenntlichkeit. Man kann z. B. durch Unterdrückung der Spektren erster, dritter, fünfter usw. Ordnung, soweit diese auftreten, den Abstand der Helligkeitsmaxima, also den der scheinbaren Gitterstriche im Bilde, halbieren. So sind in Fig. 3 nur die beiden Spektren zweiter Ordnung neben dem einfallenden Strahl übrig gelassen; Fig. 4 zeigt den Erfolg am „Bilde“ des Gitters. Läßt man nur ein Spektrum oder nur den einfallenden Strahl übrig (Fig. 5), so kann überhaupt kein Streifensystem zustande kommen, sondern man sieht nur eine unterschiedslose, gleichmäßige Helligkeit.

Diese Verhältnisse ändern sich nur unwesentlich, wenn man statt des einfachen Gitters ein Kreuzgitter mikroskopiert. Dann verändert sich die Zahl der Spektren und ihre Anordnung in der Brennebene des Objektivs erheblich (Fig. 6); aber das optische Bild (Fig. 7) entsteht nach wie vor als Interferenzerscheinung zwischen ihnen und läßt sich ebenfalls nach Willkür verändern, wenn man einen Teil der Spektren unterdrückt. Der Abblendung nach Fig. 8 entspricht z. B. Fig. 9 als „Bild“. Man sieht dann nur ein einfaches Gitter, begreiflicherweise: denn die Lichtverteilung in der Brennebene des Objektivs unterscheidet sich jetzt in keiner Weise mehr von der in Fig. 3 dargestellten, die auch nur ein System gerader Interferenzstreifen ergab.

Nun ist leicht zu verstehen, warum man mit Licht von vorgeschriebener Wellenlänge nicht jedes Gitter in seine Striche auflösen kann. Nimmt die Gitterkonstante, d. h. der Abstand benachbarter Gitterstriche, immer weiter ab, so wächst dabei der Winkelabstand benachbarter Gitterspektren. Er wächst schließlich so weit, daß schon die Spektren erster Ordnung an die Grenzen des verfügbaren Winkelraums gelangen und dann verschwinden. Es bleibt alsdann nur der einfallende Strahl übrig, und er allein vermag keine Interferenzen zu erzeugen, das Gitter also nicht abzubilden.

Aus diesem Grunde gehört zur Abbildung eines Gitters mit kleinem Strichabstand auch eine hinreichend kurzwellige Strahlung. Die Raumgitter der Kristalle können wir mit sichtbarem und selbst mit ultraviolettem Licht schon deswegen nicht abbilden, weil bei ihnen der Abstand zwischen benachbarten Atomen sehr klein ist gegenüber der Wellenlänge dieser Strahlungsarten. Erst die Röntgenstrahlen mit ihren tausend- bis zehntausendmal kürzeren Wellen ergeben wieder bei diesen Gittern abgebeugte Strahlen.

Aus diesen hat man dann auf den Bau der Kristalle geschlossen. Aber nicht so, daß man nun die Kristalle unter ein physikalisches Instrument gelegt und irgendwie da hineingesehen hätte. Das konnte man nicht, weil man die Röntgenstrahlen nicht brechen und deswegen die abgebeugten Strahlen nicht dazu bringen kann, daß sie sich und den einfallenden Strahl gegenseitig durchdringen und so durch Interferenzerscheinungen das Gitter „abbilden“. Vielmehr waren dazu theoretische Überlegungen

in mehr oder minder mathematischem Gewande erforderlich. Ist nun das Fehlen der Röntgenstrahllinsen das einzige Hindernis für eine wirkliche optische Abbildung der Atomanordnung?

Könnten wir mit sichtbarem Licht ein Raumgitter von entsprechend größeren Gitterkonstanten optisch abbilden? Zur Beantwortung ziehen wir die Abbesche Abbildungslehre heran. Sie stellt, wie wir sahen, als notwendige Bedingung dafür das Auftreten von mindestens einem Gitterspektrum hin, das neben dem einfallenden Strahl ins Mikroskop gelangen muß. Durchstrahlen wir aber ein Raumgitter auf gut Glück mit *einfarbiger* Strahlung, so tritt im allgemeinen kein Gitterspektrum auf. Es entstünde ja nur, wenn der einfallende Strahl unter einem der seiner Wellenlänge zugeordneten „Glanzwinkel“ auf eine der Netzebenen des Gitters fällt. Der Zufall kann diese Bedingung nur höchst selten erfüllen. Tut er es, so kann die Interferenz zwischen dem einen Spektrum und dem einfallenden Strahl entsprechend dem Fizeauschen Interferenzversuch nichts anderes hervorrufen als ein geradliniges System von gleich breiten hellen und dunklen Streifen, ein doch gewiß sehr schwaches Zeichen des Raumgitterbaus, das den Namen einer Abbildung schwerlich verdient.

Nun wollen wir aber einmal das Raumgitter nicht nach Zufall, sondern in einer seiner durch Symmetrieeigenschaften ausgezeichneten Richtungen (falls es solche hat) durchstrahlen, also etwa ein reguläres Gitter in der Richtung einer vierzähligen Achse. Und wir wollen weiter die Wellenlänge so wählen, daß sie zu einem der bei der Netzebene auftretenden Einfallswinkel paßt. Dann erhalten wir nicht nur einen abgebeugten Strahl, sondern wegen der Symmetrie deren vier. Was ergeben nun diese zusammen mit dem einfallenden Strahl für ein Bild des Gitters? Sie könnten gerade so gut von einem quadratischen ebenen Kreuzgitter stammen, also liefern sie auch nichts anderes als das Bild eines solchen, und wenn auch dessen Kantenlänge mit der des Raumgitters in Beziehung steht, so ist doch auch dies als „Bild“ des Raumgitters kaum zu bezeichnen. Wir fügen noch hinzu, daß eine Einstellung des Mikroskops auf verschiedene Tiefen in unserem Raumgitter daran gar nichts ändert.

Man darf auch nicht einwenden, daß doch bei den von *Friedrich* und *Knipping* zuerst angestellten Versuchen immer eine große Zahl von Spektren auftritt. Diese verdanken ihr Dasein ausschließlich dem kontinuierlichen Spektrum der einfallenden Strahlung, welche innerhalb gewisser Grenzen eine stetige Folge von Wellenlängen enthält. Bei dieser Auswahl wird es allerdings bei jeder Durchstrahlungsrichtung vorkommen, daß zu dem Einfallswinkel an einigen der Netzebenen eine passende Wellenlänge vorhanden ist. Aber von den so entstehenden Gitterspektren hat im allgemeinen jedes seine eigene, sonst nur noch im einfallenden Strahl vorkommende Wellenlänge. Da nun nur Wellen gleicher Wellenlänge miteinander interferieren können, so sähe man jetzt in unserem Mikroskop hauptsächlich eine bedeutende allgemeine Helligkeit, herrührend von allen nicht abgebeugten Strahlenarten, und darüber gelagert eine größere Zahl verschieden farbiger, aber verhältnismäßig schwacher Systeme gerader oder im Symmetriefall kreuzgitterartiger Interferenzstreifen. Wir schließen daraus: *Ein Raumgitter läßt sich überhaupt nicht in demselben Sinn, d. h. durch einen Apparat, optisch abbilden, wie ein einfaches oder ein Kreuzgitter.* Und dabei haben wir die wichtige Frage noch gar nicht berührt, ob denn die Wärmeschwingungen der Atome, welche die Lage und die scharfe Begrenzung der abgebeugten Strahlen unverändert läßt, nicht etwa die Phasenunterschiede zwischen dem gerade hindurchgehenden und einem abgebeugten Strahl soweit verwirrt, daß eine Interferenz zwischen ihnen unmöglich wird. Selbst wenn das nicht der Fall ist, wenn etwa bei hinreichend tiefer Temperatur die Atome festliegen, gilt der ausgesprochene Satz.

Und trotzdem haben uns die Röntgenstrahlen bei vielen Kristallen eine genaue Kenntnis des Feinbaus verschafft, und der Kreis der so gänzlich durchschauten Körper wächst dauernd. So haben, um das Neueste zu erwähnen, kürzlich[1]) *Herzog* und *Jancke* an Zellulose mit ihrer Hilfe kristallähnliche Atomanordnungen nachgewiesen. Wie verträgt sich diese Tatsache mit dem obigen Satz?

Nun, der menschliche Verstand hat eben andere Methoden der Abbildung zur Verfügung, als die Naturvorgänge der Optik selbst. Er vermag namentlich die Durchstrahlungsergebnisse bei verschiedenen Richtungen und Wellenlängen des einfallenden Strahls miteinander zu vergleichen und Schlüsse daraus zu ziehen. Er hat ferner als Leitfaden dabei die chemischen Kenntnisse über die im Kristall verbundenen Elemente, die physikalischen über das Zerstreuungsvermögen der verschiedenen Atome für Röntgenstrahlen, die kristallographischen Kenntnisse über die Einordnung der Kristalle in die 32 Klassen und nicht zuletzt die mathematische Theorie der einfachen und zusammengesetzten Raumgitter, wie sie *Schoenflies* und *Fedorow* zur höchsten Vollendung gebracht haben. Vor allem aber hat der Verstand die Kraft zur kühnen, erst nachträglich an der Erfahrung zu prüfenden Hypothese, und diese Kraft hat sich glänzend bewährt, als *Huyghens* für den Kalkspat und ein paar andere Kristalle[2]), später *Haüy* und andere Mineralogen für alle Kristalle aus der Regelmäßigkeit ihrer Begrenzung auf die Raumgitteranordnung elementarer Bausteine schlossen; sie hat sich nicht

[1]) Z.-S. f. Physik, *3*, 196, 1920.

[2]) Traité de la lumière (1690) *Ostwald*, Klassiker Nr. 20, vgl. S. 81.

minder bewährt, als Vater und Sohn *Bragg* für das Natriumchlorid zunächst einmal einen ganz bestimmten, einfachen Feinbau annahmen und dann zusahen, wie sich die Ergebnisse der Röntgenstrahlforschung dazu verhielten. Sollte es noch Unbelehrbare geben, welche in naturwissenschaftlicher Betätigung nur das Mechanische, nicht aber das Geistige erblicken, das doch erst das Ganze beseelt, so möge man ihnen einmal diesen Sachverhalt bei der „Abbildung" des Kristallfeinbaus zu Gemüte führen.

Wir feiern in diesem Heft das fünfundzwanzigjährige Jubiläum der Röntgenschen Entdeckung. Über die an Gebrechen und Krankheiten leidende Menschheit hat sie unendlichen Segen gebracht. Größeres aber hat sie, so möchte ich meinen, in der reinen Wissenschaft bedeutet. Sie hat geradezu eine neue Epoche eingeleitet, und zwar eine Epoche, in der sich wie nie zuvor weithin glänzende Fortschritte der Physik häuften. Nicht, als ob nun jede Entdeckung an die der Röntgenstrahlen unmittelbar angeknüpft hätte. Aber man übertreibt wohl kaum, wenn man ausspricht, daß nur wenige große Entdeckungen seitdem auf die Dauer außerhalb der Beziehungen zu den Röntgenstrahlen geblieben sind. Das soll nicht heißen, daß späteren Forschern reife Früchte von selbst in den Schoß gefallen wären. Das alte Wort: „Was du ererbt von deinen Vätern hast, erwirb es, um es zu besitzen", hat auch hier seine Wahrheit durchaus bewährt. Mit ihm treten wir ein in das zweite Vierteljahrhundert nach der Entdeckung der Röntgenstrahlen.

Röntgenstrahlen und Kristallographie.

Von Friedrich Rinne, Leipzig.

Die schöne Reinheit vieler Kristallgebilde, ihre mathematisch faßbare Formentwicklung und ihre Exaktheit im mechanischen, optischen, thermischen und elektrischen Verhalten läßt sie als feinstgeordnete und für die Erkennung des Wesens der Stoffe bestgeeignete Materie erscheinen. Was bei amorphem Material sich lediglich in Mittelwertseigenschaften bekundet, zeigt sich am Kristall grundsätzlich in dreidimensionaler Verschiedenheit vektoriell oder tensoriell differenziert. Manche physikalischen Gebiete, wie die Lehre von der Kohäsion oder der Optik, entwickeln sich am kristallographischen Material in ungemein großer Mannigfaltigkeit und in einer Vertiefung, die bei isotroper Materie völlig ausgeschlossen ist.

So ist es verständlich, daß die Fortschritte der Kristallkunde vom regsten Interesse gerade der Physiker getragen wurden. Namen wie *B. Biot, J. Fresnel, F. Arago, W. Thomson, M. Faraday, F. Neumann, A. Kundt, W. Voigt* und vieler anderer Forscher ersten Ranges haben einen Ehrenplatz auch in der Geschichte der Kristallographie. Sie hat in reicher Fülle Anregung von seiten der großen physikalischen Schwesterwissenschaft erfahren.

Solche Schuld der Dankbarkeit für so viele Förderung abzutragen, erschien unmöglich. Und doch ist das gewissermaßen mit einem Schlage durch eine Anregung geschehen, die der Physik zuteil wurde in Verfolg eines in der Kristallographie entwickelten und gepflegten Grundgedankens, der Lehre vom Raumgitterbau der kristallinen Materie. Die Ausnutzung dieser Vorstellung hat dem Physiker die Pforte eines riesigen Erkenntnisfeldes allgemeinster Bedeutung erschlossen, das nun auch die grundlegenden chemischen Auffassungen über das Wesen der Materie allmählich in sich einbezieht.

Seit langen Jahren ist die Meinung, daß die Kristalle ein Diskontinuum mit dreidimensional geordneter Stellung ihrer Partikel seien, den Naturwissenschaftlern bekannt. Indes wurde diese Vorstellung mehr als eine gut erfundene Arbeitshypothese, denn als Wiedergabe einer Realität betrachtet. Sie erklärte in einfachster Weise die Flächenornamentik des Kristallinen als den Ausdruck netzdichter Ebenen im Feinbau. Auch die so wichtige Eigenart der Spaltbarkeit wurde anschaulich in dem Sinne, daß Ebenen mit starkem Zusammenhang in ihrer Flächenausdehnung, aber mit lockerer Verbindung in Richtung ihrer Normalen, durch die Spaltung gewissermaßen herauspräpariert werden. Eine experimentelle Prüfung der Vorstellung vom Raumgitterbau als durchgehendem Kennzeichen des kristallinen Teils der Natur kam damals wohl nie in Betracht. War doch die Dimensionierung der Gitterabstände als außerordentlich gering anzunehmen gegenüber der Wellenlänge des Lichtes, dem sonst so vielbewährten Agens zur Erkenntnis des Kleinen. Der λ-Wert des Lichtes als des Mittels der Abbildung ist an tausendmal zu groß, also ungeschlacht gegenüber den Gittereinheiten, vergleichsweise wie eine Dünungswelle gegenüber einem Blättchen, das auf ihr schwimmt. Erst einem entsprechend feineren Reagens könnten die zarten Partikel der Materie ihr Zeichen aufprägen. So erschien also der Feinbau der Kristalle und damit der Stoffe überhaupt wegen allzugroßer Feinheit unerforschlich durch Hilfsmittel in Wellenform.

Und doch war seit dem für alle Zeit denkwürdigen Tage, dessen 25-jährige Wiederkehr wir in vorliegenden gemeinsamen Kundgebungen dieser Zeitschrift feiern, das Agens bekannt, das in seiner Zartheit der Impulse dem Mikrokosmos der Materie angepaßt ist. Diese Harmonie der

Röntgenstrahlung mit der Dimensionierung des Feinbaues der Kristalle erkannt und die Nutzanwendung der Kristallraumgitter für die Beugung der Röntgenstrahlen divinatorisch geschaut zu haben, ist das außerordentliche Verdienst von *M. v. Laue*. Er brachte die lange latent ruhende Anregung, die in der Kristallographie als Raumgittervorstellung verborgen war, zur Auslösung mit dem Vorschlage, an Stelle der nicht recht glückenden künstlichen Gitter die in wundervoller Feinheit von der Natur gebauten, also schon fertig vorliegenden Raumgitter der kristallinen Materie zu nehmen. Das war der Schlüssel zur experimentellen Erschließung des gewaltigen leptonischen Forschungsfeldes. Im Verein mit seinen Mitarbeitern *W. Friedrich* und *P. Knipping* hat *M. v. Laue* die Wege in diesem Erkenntnisgelände gezeigt. Unverkennbar bekundeten schon die ersten Versuche und Überlegungen, daß „polychromatisches Röntgenlicht" durch Beugung monochromatisch zerlegt wird. Nun war die Natur der Röntgenstrahlung als Wellenbewegung erwiesen, der Raumgitterbau der Kristalle im Lauediagramm (dem auf einer photographischen Platte aufgefangenen Spektrum) bestätigt und die Realität der Atome erhärtet.

So wurde die Möglichkeit gegeben, zunächst alles Kristalline in seinem Feinbau zu prüfen und die Lage der Raumgitterpartikel nach Koordinaten festzulegen.

Auf dem Boden dieser Anweisung erwuchs bald eine reiche Ernte, insbesondere waren es *W. H.* und *W. L. Bragg*, die in scharfsinniger Vereinfachung der Beziehung zwischen Beugungsstrahlen und Kristallbau die ersten Früchte dieser von *Laue* und *Knipping* gestreuten Saat einbrachten in der Erkenntnis des Feinbaues einer Reihe von Kristallen, wie Steinsalz, Sylvin, Flußspat, Zinkblende, Diamant, Kalkspat u. a. Die einfache Gleichung: $n\lambda = 2r \sin \alpha$ führte bei gegebenem λ monochromatischer Strahlung und gegebenem Glanzwinkel α zur Kenntnis von $2r$, dem Doppelabstande der „Röntgenperiode", die durch die Entfernung zweier gleichwertig belasteter Raumgitterebenen gekennzeichnet ist. Die Durchmusterung in verschiedener Richtung, also die entsprechende Ausmessung des Wechsels der Größe $2r$, sowie die Ausnutzung der Intensitätsverhältnisse im abgebeugten Spektrum leiteten zur Feststellung der Lage der Partikel im Kristall.

In der Folge haben Mathematiker, Physiker, wie Kristallographen geholfen, diesen Weg der Erkenntnis mehr und mehr zu ebenen und im Gelände des Feinbaues der Materie weiter zu bauen.

Es ist hier, wo es sich nur um die allgemeinen Umstände des neuen kristallographischen Forschungsfeldes handelt, natürlich nicht der Platz, auf die Variation der Methoden und die Spezialergebnisse einzugehen. Wohl aber möge die Fülle von neuen Aufgaben auf dem Gebiete der Kristallographie wenigstens angedeutet werden, bei denen das herrliche von *W. Röntgen* dargebotene, im Laueschen Sinne in die Hand genommene Werkzeug sich als Strukturs onde bewährt hat und weiterhin zur Anwendung kommen wird.

Als bis ins Innerste der Materie fühlendes Hilfsmittel kann es zur Beantwortung von Kernfragen der Kristallographie angesetzt werden. Stets sind es Umstände der Feinbaulehre, deren Erkundung auf röntgenographischem Wege zu erreichen ist. In dem Sinne kann es im Anblick der bisherigen Ergebnisse der kristallographischen Röntgenographie als erhebendes Zeichen eines Angepaßtseins des menschlich-wissenschaftlichen Forschungssinnes an die Verhältnisse der Natur angesehen werden, daß alle Resultate der neuen leptonologischen Wissenschaft mit den mathematischen Herleitungen der Kristallographie, insbesondere mit den Erörterungen über die auf dem Boden der Grundgesetze möglichen Raumgitterordnungen übereinstimmen. Es ergibt sich also kein Widerspruch, vielmehr eine volle Bestätigung der allgemeinen mathematischen Feinbauregeln, wie sie 1891 in dem Werke von *A. Schoenflies* und gleichzeitig auch von *E. Fedorow* entwickelt sind. Die Kristallstrukturaggregierungen werden beherrscht durch die Regeln der Symmetrie, die sich aus dem R. J. Haüyschen Gesetz der einfachen rationellen Achsenschnitte ableiten lassen.

Dazu kommt aber jeweils bei allen morphologischen Untersuchungen eine Fülle von Anregungen zu Erörterungen auf feinbaulicher Grundlage. Insbesondere rechnet dahin die Übertragung der Morphotropielehre, des Isomorphismus, der Isotypie, auch der Modifikationserkenntnisse ins Leptonische. Mußte man sich bislang bei morphologisch-kristallographischen Studien an die äußere Ornamentik und ihre Änderungen bei chemischen Substitutionen oder isomorphen Vertretungen sowie beim Eingehen chemischer Verbindungen und bei Modifikationswandlungen halten, so ist nun Gelegenheit gegeben, die Änderung des Feinbaues, und zwar mit dem Zentimetermaß zu studieren: der Morphotropie gliedert sich eine leptonische Wissenschaft, die Topotropie (nach der Bezeichnung von *A. Johnsen*) an. Ebenso kann die Lehre vom Isomorphismus nunmehr feinbaulich geprüft werden, gleichwie die Erfahrungen über das eigenartige Auftauchen gleicher Bautypen bei chemisch recht verschiedenen Substanzen, wobei so manche feineren Verhältnisse der aus Raumgittern zusammengesetzten Punktsysteme, etwa die Verteilung der bei isomorpher Mischung vikariierenden Atome und Radikale, der experimentellen Erörterung harren. Dahin gehört auch die Frage nach der „Gestalt" der Atome, als Partikel der Raumgitter, deren kristallographische Symmetrieanforderungen von diesen kleinsten Teilchen bezüglich der Elektronenanordnung erfüllt sein müssen. Es läßt sich im Anschluß daran voraussehen, daß

ein neuer Zweig der Feinbaukunde sich entwickeln wird, die Leptotropie als Lehre von der Gestaltsveränderung der Atome und Molekeln im wechselnden physikalischen und chemischen Felde.

Nicht weniger ist zu bedenken, daß die Kristallstrukturlehre im Grunde Stereochemie des geordneten festen Zustandes bedeutet. In der Tat sind nun zum ersten Male experimentell gefestigte Stereogramme nach Maß und Zahl geschaffen, an Stelle mancher Phantasiegebilde der Strukturlehre, besonders in der anorganischen Chemie von früher. Es ist möglich geworden, die Gliederung der chemischen Formeln mit ihrer Aufteilung in Radikale in Beziehung zu setzen zum röntgenographisch erkennbaren tektonischen Gefüge mit seinen Leptylen als geometrischen Radikalen oder Baugruppen. Insbesondere ist dies eine bedeutsame Aufgabe im Gebiete der organischen Chemie, wo die feinbaulichen Analogien zu den üblichen chemischen Formeln und ihrer inneren Gliederung noch völlig der Erkundung harren. Die Einteilung der Raumgitter in solche von neutral- oder ionistisch-atomischer bzw. radikaler Art oder auch molekularem bzw. gemischtem Wesen hängt hiermit zusammen. Zugleich wird die Frage der Valenz oder Koordination sowie der Aufsplitterung und Veränderung von Wertigkeitszahlen im physikalischen oder stofflichen Felde in das rechte Licht gestellt.

Von neuem taucht fernerhin die Frage auf nach dem Verbleib des chemischen Moleküls bei der Wandlung der Materie aus dem amorphen in den kristallinen Zustand. Anschließend ist, nach Kenntnisnahme der Verhältnisse am Kristallinen die Beantwortung der Frage nach dem feinbaulichen Wesen der amorphen Materie in den Bereich der Möglichkeit gerückt, nach dem es *P. Debye* und *P. Scherrer* methodisch gelungen ist, röntgenographische Ergebnisse aus den wirr durcheinanderliegenden Teilchen von Kristallstaub und von Flüssigkeiten zu erhalten. Damit ist der Zugang zum feinbaulichen Gelände der kolloiden Stoffe geschaffen, wie schöne Erkundungen von *P. Scherrer* zeigen.

Sehr wohl möglich erscheint es schließlich, daß hochkomplexe Moleküle, wie des Eiweiß, der Stärke und anderer organischer Stoffe, sich, anschließend an die „flüssigen Kristalle", als weitere Übergänge zum typisch kristallinen Bau erweisen.

Kurzum, ein Reichtum an Fragen, die den Grundzug des innersten Wesens der gesamten Materie betreffen und hier nur angedeutet werden können, tut sich auf[1]). Dabei bewegt uns das frohe Bewußtsein, im Besitze der Mittel zur Bewältigung der harrenden Forscherarbeit zu sein. Denn wenn auch die Schwierigkeiten sich oft noch hoch auftürmen und Rückschläge sich ereignen, so ist doch das Vertrauen aller unerschütterlich, daß die Naturwissenschaft in der Röntgenstrahlung ein weitreichendes Mittel zur Erkenntnis des Mikrokosmos besitzt.

So sei denn in Dankbarkeit auch von kristallographischer Seite dem Genius des großen Forschers *W. v. Röntgen* gehuldigt, der ein neues Zeitalter naturkundlicher Entdeckung hervorrief.

Über die Grundlagen der Röntgenspektroskopie.

Von Ernst Wagner, München.

Jede Wellenbewegung wird als solche am überzeugendsten nachgewiesen durch Interferenz- und Beugungserscheinungen. Dringt ein Lichtstrahl durch eine enge spaltförmige Öffnung, so geht er nicht scharf geradlinig weiter, falls die Weite vergleichbar wird mit der Wellenlänge des Lichtes (ca. $\frac{1}{2}\mu$; $\mu = 0{,}001$ mm), sondern er verbreitert sich, indem die Schattenränder verschwimmen, er wird gebeugt. Man kann diese einfachste Beugungserscheinung bequem beobachten, wenn man zwei Bleistifte dicht aneinander legt, und durch die feine Spalte zwischen beiden nach einem etwas entfernten Glühfaden einer Glühlampe blickt, wobei der Spalt parallel dem Faden zu halten ist. Stärkeres Aneinanderpressen der Bleistifte bewirkt starke Verbreiterung des Fadens; ferner treten neben dem mittleren Fadenbild farbig umsäumte Nachbarbilder auf.

Viel markanter werden solche Beugungserscheinungen, wenn man viele äquidistante parallele Spalten benutzt, d. i. ein „Gitter". An Fig. 1 erkennen wir seine Wirkungsweise. Die primäre Lichtwelle P treffe mit ihrer Wellenfront — d. i. eine Ebene gleicher Phase der Welle, z. B. eines Wellenberges — alle Spalten a, b . . gleichzeitig. Dann wird nach dem Huygensschen Prinzip jeder Spalt ein Erregungszentrum für sekundäre Wellen S, die nach allen Richtungen sich abspalten. Diese Wellen sind es nun, die in ganz bestimmten Richtungen bei ihrem z. B. durch eine Linse bewirkten Zusammentreffen (Interferenz) höchst geordnete Erscheinungen erzeugen, falls

1) Die Enge des hier zur Verfügung stehenden Raumes gestattet es nicht, die Anregungen weiter zu entwickeln, die sich in obigem Sinne bezüglich der Erkenntnis des allgemeinen leptonischen Wesens der Materie bei der Betrachtung der Kristalle als feinbaulicher Idealsubstanz ergeben. In der Hinsicht Interessierte seien auf ein kleines, als Festschrift zur Röntgenfeier des Mineralogischen Instituts der Universität Leipzig gedachtes Werk des Verfassers hingewiesen (*F. Rinne*, Die Kristalle als Vorbilder des feinbaulichen Wesens der Materie. Mit 90 Textfiguren. Berlin, Gebr. Borntträger, 1920).

die Spalte selbst höchst geordnet — genau äquidistant — nebeneinander liegen. Sei die ankommende Welle monochromatisch von der gezeichneten Wellenlänge λ, dann findet nur in solchen Abbeugungsrichtungen φ eine vollkommene Verstärkung aller Sekundärwellen statt, in denen der „Gangunterschied" $a\,c$ je zweier Nachbarn eine ganze Wellenlänge beträgt (Fig. 1 I) bzw. zwei (Fig. 1 II) oder allgemein n ganze Wellenlängen. Man bezeichnet die Interferenz je nachdem als eine von erster, zweiter . . . . n.ter Ordnung. Die gedrehte Wellenfront der gebeugten Sekundärstrahlen S wird durch das Lot $b\,c$ auf die Strahlrichtung gegeben. Aus dem Dreieck $a\,b\,c$ folgt für die lichtstärkste Interferenz I. Ordnung:

$$\lambda = d \sin \varphi,$$

wo d den Abstand benachbarter Spalte, die „Gitterkonstante", bedeutet.

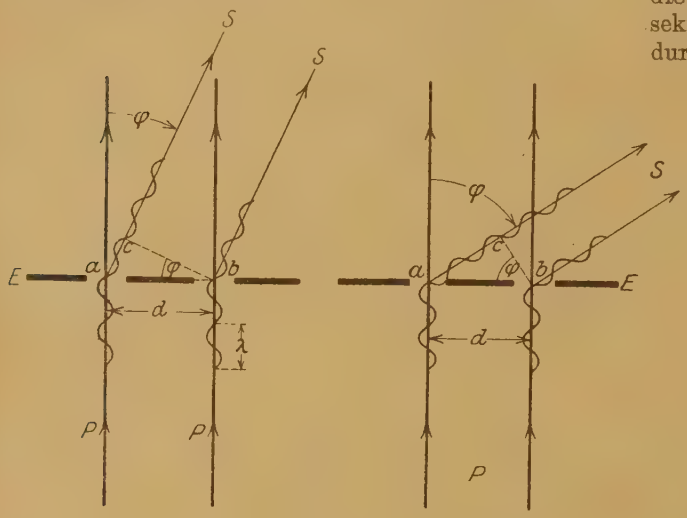


Fig. 1.

I $a\,c = \lambda$ II $a\,c = 2\lambda$

Die Formel besagt, daß die Wellenlänge immer kleiner als die Gitterkonstante sein muß, damit Beugung stattfinde. Die Größe des Abbeugungswinkels φ hängt von dem *Verhältnis* $\frac{\lambda}{d}$ der Wellenlänge zur Gitterkonstante ab. Werden beide gleich, so ist die maximale Abbeugung von 90° erreicht. Wird die Wellenlänge $^1/_2$, $^1/_{10}$, $^1/_{100}$ der Gitterkonstanten, so wird die Abbeugung 30°, 6°, 40′, also unmeßbar bei sehr kleinen Wellenlängen.

In der Röntgenstrahlung vermuteten die Physiker schon frühzeitig aus mancherlei Anzeigen eine Art Licht von ungeheuer kleiner Wellenlänge, die ca. $^1/_{10\,000}$ derjenigen des Lichtes betragen sollte.

Um diese wirksam zur Beugung zu bringen, brauchte man nach obigem 10 000-mal engere Gitter als die feinsten optischen waren. Eine künstliche Herstellung erschien unmöglich. *Laue* fand sie in den gerade gewünschten Dimensionen und in unübertrefflicher Vollendung in den molekularen „Raumgittern" der Kristalle vor.

Der glänzende Erfolg des Versuches von *Laue-Friedrich-Knipping* ist bekannt: das Laue-diagramm zeigt rings um den Durchstoßpunkt des Primärstrahls das wundervolle System der abgebeugten sekundären Röntgenstrahlen, die „Laueinterferenzflecke".

Wir wollen ihre Entstehungsbedingungen aus der Interferenzlehre nach der Laueschen Theorie an Fig. 2 elementar-geometrisch auseinandersetzen.

Wir legen ein einfaches würfelartiges Raumgitter zugrunde. Die Zeichenebene enthalte die Würfelebene mit den Atomen $C\,D\,E\,F\,H$ sowie die parallel zur Würfelkante (Gitterkonstante $= a$) einfallenden Primärstrahlen P. Entsprechend den Spalten beim optischen Gitter sind es hier die zerstreuenden Atome $C\,D\,\ldots$, welche die sekundären Strahlen S abspalten, sobald der durchdringende Primärstrahl sie trifft.

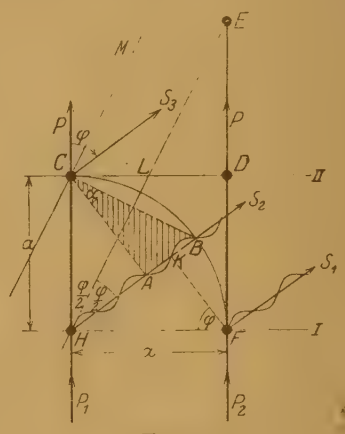


Fig. 2.

Wir beschränken unsere Betrachtung auf die Interferenz der Sekundärwellen innerhalb der Zeichenebene, was prinzipiell genügt.

Zwei Interferenzbedingungen sind gleichzeitig zu erfüllen. Die *erste* betrifft die Strahlen $H\,S_2$ und $F\,S_1$, welche in vollkommener Analogie zum optischen Gitter Fig. 1 von Nachbaratomen derselben Gitterebene I oder II . . *gleichzeitig* ausgehen. Ihr Gangunterschied ist (in der Figur beispielsweise in zweiter Ordnung gezeichnet):

$$H\,K = 2\,\lambda = a \sin \varphi.$$

Als wesentliche Komplikation kommt die *zweite* Interferenzbedingung hinzu, die den Gangunterschied der Strahlen $H\,S_2$ und $C\,S_3$ zu berücksichtigen hat, die von den einzelnen Gitterebenen I und II *nacheinander* abgehen. Dieser Gangunterschied ist leicht angebbar: Während die Primärwelle vom Atom H bis C um a fortschreitet, hat sich die in H ausgelöste Sekundärwelle bis zum Kreis $C\,B\,F$ (Radius a) ausgebreitet und auf der angenommenen Richtung S_2 den Punkt B erreicht. Die in diesem Moment in C ausgelöste Welle $C\,S_3$ ist gegenüber $H\,S_2$ zu-

rück um den gesuchten Gangunterschied AB, wenn CA das Lot auf HS_2 ist.

$$AB = HB - HA = a - a\cos\varphi.$$

Der Vergleich beider Gangunterschiede HK und AB zeigt aus der Figur leicht, daß sie für keinen Beugungswinkel φ einander gleich sind mit Ausnahme von 90°, daß im allgemeinen HK größer als AB ist, daß also eine gleichzeitige Erfüllung der beiden Interferenzbedingungen ausgeschlossen *scheint*. Eine solche ist jedoch möglich, wenn man Interferenzen *höherer* Ordnung heranzieht und auf den größeren Gangunterschied HK eine größere ganze Zahl m Wellenlängen verteilt als auf den kleineren AB:

$$\begin{aligned} HK &= m\,.\,\lambda \\ AB &= n\,.\,\lambda. \end{aligned} \qquad m > n.$$

In der Figur ist $m = 2$, $n = 1$ angenommen. Es ist aus der Figur ersichtlich, daß durch die Ordnungszahlen m und n *ganz bestimmte Richtungen* φ *der Laueschen Sekundärstrahlen* definiert werden. Diese sind offenbar von a unabhängig; daher müssen isomorphe Kristalle (NaCl und KCl) gleiche Lauediagramme zeigen, was zutrifft, wenn man nur die Lage, nicht die Intensitäten der Flecke betrachtet. *Jeder dieser Richtungen* φ muß ferner eine *ganz bestimmte Wellenlänge* zukommen, die außerdem noch proportional a wird.

In diesen Sätzen ist die wichtige erfahrungsgemäß zutreffende Charakterisierung der Laueschen Erscheinung enthalten: 1. es gibt nur ganz bestimmte Beugungsrichtungen — keine Spektren wie beim optischen Strichgitter — und 2. jeder Richtung kommt ihre eigene Wellenlänge zu. Demnach setzt das Zustandekommen der Laueschen Erscheinung ein *kontinuierliches* primäres Spektrum („weißes" Röntgenlicht) voraus, aus dem die Kristallinterferenzen sich die ihr zukommenden monochromatischen Bereiche auswählen können. Wäre das primäre Röntgenlicht selbst monochromatisch, so würde es im allgemeinen ungebeugt den Kristall durchsetzen, und nur bei zufälliger Übereinstimmung seiner Wellenlänge mit der eines oder des anderen abgebeugten Strahles würde dieser und nur dieser zur Erscheinung kommen.

Wir sahen: die Beugungsrichtung φ wird lediglich durch die ganzen Ordnungszahlen m und n bestimmt. Wir wollen dies an dem speziellen Fall $m = 2$, $n = 1$ der Figur 2 genauer betrachten, um an ihm die andere anschauliche Braggsche Betrachtungsweise kennenzulernen, und insbesondere den inneren *Zusammenhang der Laueschen und der Braggschen Theorie* zu beleuchten.

Wir setzten: $AB = \lambda$ und $HK = 2\lambda$.

Es ist nun $HK = CA$. Daher stehen in dem schraffierten Dreieck ABC die Katheten im Verhältnis der Gangunterschiede λ und 2λ, wir nennen es daher Phasendreieck. Sein Winkel α ist $= \frac{\varphi}{2}$, wie man sieht, wenn man von H ein Lot auf die Hypotenuse CB fällt, das den Winkel $\varphi = CHB$ halbiert; $CHL = \alpha$.

Hiermit haben wir den Zusammenhang zwischen dem (halben) Beugungswinkel und den Ordnungszahlen im Phasendreieck gefunden:

$$\operatorname{tg}\frac{\varphi}{2} = \frac{1}{2} = \frac{n}{m}.$$

— Nun hat die den Winkel zwischen Primär- und Sekundärstrahl Halbierende HL eine sehr charakteristische Lage in bezug auf das Raumgitter. Es gilt ja:

$$\frac{CL}{CH} = \operatorname{tg}\frac{\varphi}{2} = \frac{1}{2} = \frac{n}{m}.$$

Die Richtung der Winkelhalbierenden HL ist also im Raumgitter im allgemeinen durch die Verbindungslinie irgendeines Atoms, dessen Koordinaten $n\,.\,a$ und $m\,.\,a$ sind, mit H gegeben, in unserem Beispiel durch EH. *Nur* solche mögliche Atomreihen können also Winkelhalbierende der Beugungswinkel sein.

Hiernach ist es erlaubt, die abgebeugten Strahlen als durch *Reflexion* an Atomreihen entstanden zu denken. (Besser an Atom*ebenen*, die senkrecht zur Zeichenebene stehen und deren Spur jene Atomreihen darstellen.)

Es fragt sich, ob in dieser Vorstellung die Atomebenen eine mehr als formale Bedeutung haben, nach der die abgebeugten Strahlenrichtungen leicht zu konstruieren sind.

In der Tat ist die Reflexionsauffassung eine den Kristallinterferenzen besonders glücklich angepaßte. Reflexion eines Lichtbündels an einer Ebene ist Interferenzwirkung der nacheinander die Ebene treffenden Teilstrahlen des Bündels, die mit dem Gangunterschied *null* wieder zusammentreffen. Liegen in einer gedachten Ebene die einzelnen Zentren, die die primären Wellen zerstreuen, verteilt wie die Atome in einer der Netzebenen des Kristalls, so wird gleichfalls eine Interferenzwirkung der Sekundärwellen eintreten, die völlig einer Reflexion gleicht, also ohne Gangunterschied und daher für jede Wellenlänge stattfindet. Die Intensität dieser Reflexion ist abhängig von dem Grad der Ebenheit der Atomebene, gemessen in der für die Interferenz maßgebenden Wellenlänge. Auch sichtbares Licht erfährt nur an polierten Flächen starke Reflexion; wird die Rauheit von dem Betrag der Lichtwellenlänge ($\frac{1}{2}$ μ), so hört die geordnete Interferenz auf. Unsere besten Polituren können nur durch optische Mittel geprüft werden, d. i. am Maßstab der Lichtwellenlänge, sie sind noch 10 000 mal zu rauh für Röntgenwellen. Erst die auf Bruchteile einer Atomgröße genaue Ebenheit der Kristallebenen vermag die Reflexion der Röntgenstrahlen interferenzgemäß zu bewirken. Ja, die Schwankungen der Atome durch die Wärmebewegung gefährden bereits diese Reflexion.

Übrigens kommt es auf die Verteilung der Atome in der Ebene nicht an bezüglich der Reflexion *dieser* Ebene; allerdings hebt eine un-

regelmäßige Verteilung alle gleichzeitigen Reflexionen an den anderen Kristallebenen auf, die dann aufhören würden zu existieren.

Wenn nach obigem *alle* Wellenlängen an einer Atomebene reflektiert werden können — obzwar mit verschiedener Intensität —, wie kann damit die oben erwiesene monochromatische Natur der abgebeugten Strahlen nach *Laue* in Einklang gebracht werden? Es kommt in Betracht, daß nicht *eine* Ebene, sondern eine große Zahl paralleler äquidistanter Ebenen — ein Raumteil — reflektiert. Die Reflexionen folgen einander zeitlich in gleichem Abstand, und nur solche Wellen werden sich verstärken, deren Schwingungsdauer hiermit übereinstimmt. Fig. 3 erläutert den Gangunterschied der Strahlen P_1 und P_2 desselben Bündels, die an den Nachbarebenen E_1 und E_2 (Abstand d = Gitterkonstante) nacheinander reflektiert werden. ε sei der „streifende" Winkel. Der Gangunterschied ist

$$a\,b + b\,c = 2\,d\,.\,\sin\varepsilon,$$

wenn $A\,a$ und $A\,c$ Lote (Wellenfronten) auf den Strahlen darstellen. Der Gangunterschied muß eine Wellenlänge bzw. bei n-facher Ordnung das n-fache davon betragen:

$$n\,\lambda = 2\,d\,\sin\,\varepsilon.$$

Dies ist die *Grundgleichung der Röntgenspektroskopie*, die *W. L. Bragg* erstmals aufstellte, und die auch der Laueschen Betrachtungsweise zu entnehmen ist.

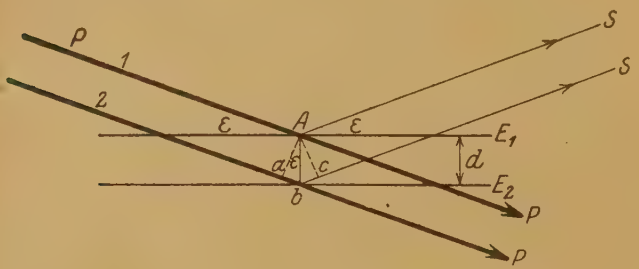


Fig. 3.

In dieser Formel ist der monochromatische Charakter der Reflexion ausgesprochen, und sie als eine *selektive Interferenzreflexion* gekennzeichnet. Bei einem gegebenen Einfallswinkel ε wird nur eine bestimmte „Farbe" reflektiert; und umgekehrt: eine gegebene Wellenlänge wird nur bei bestimmten Winkeln von der betrachteten Ebenenschar reflektiert, im übrigen durchgelassen.

Auch in Fig. 2 ist der Reflexionsvorgang wiederzufinden. P_1 wird an der Ebene $H\,E$ als Strahl $H\,S_2$, an der folgenden Ebene $M\,C$ als Strahl $C\,S_3$ reflektiert. Beider Gangunterschied war $A\,B$. $C\,B$ ist der doppelte Ebenenabstand $= 2\,d$; wir erhalten also aus dem Phasendreieck wieder die Braggsche Gleichung ($\alpha = \frac{\varphi}{2} = \varepsilon$):

$$A\,B = n\,\lambda = 2\,d\,\sin\,\frac{\varphi}{2}.$$

Die Gleichung *Braggs* führt unmittelbar zur Konstruktion seines klassischen *Spektrometers mit dem Drehkristall*. Hier wird die Reflexion eines eng ausgeblendeten Röntgenstrahls an einer einzigen intensiv reflektierenden Kristallfläche benutzt, deren Drehung den Winkel ε zwischen 0° und 90° zu ändern erlaubt. Das reflektierte Bündel stellt so in zeitlicher Folge räumlich getrennt den Wellenlängenbereich von $\lambda = 0$ bis $\lambda = 2\,d$ als Spektrum dar.

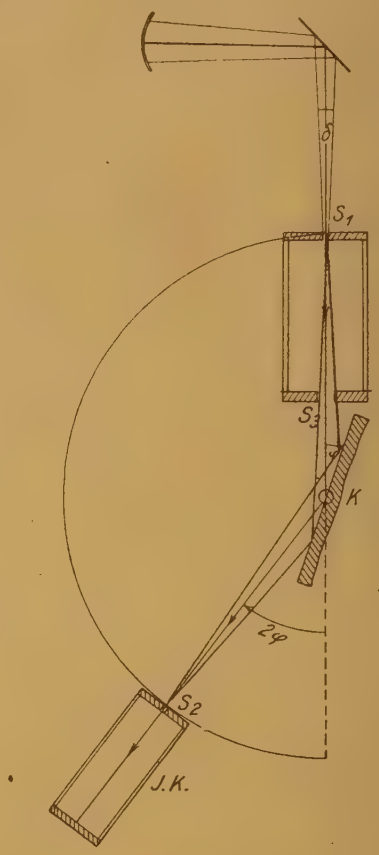


Fig. 4.

Als Kristallfläche wird die äußere natürliche Spaltfläche oder auch eine künstlich angeschliffene Netzebene verwendet. Die stärkste Reflexion ergeben Spaltflächen (z. B. an Steinsalz, Gips, Glimmer); bei letzteren ist d relativ sehr groß.

Die schematische Anordnung eines Spektrometers zeigt Fig. 4. Der Kristall K steht mit der spiegelnden Fläche genau in der Axe O eines Goniometers. Durch die Bleispalte S_1 und S_3 fällt die Primärstrahlung axial unter kleinem Öffnungswinkel δ ein, d. i. der Winkel, unter dem der Brennfleck auf der Antikathode von S_1 erscheint. Das reflektierte Bündel dringt durch den Bleispalt S_2 in die Ionisationskammer $I\,K$ ein, die zur Verstärkung der Ionisierung meistens mit einem schweren Gas (Methyljodid) gefüllt wird. Zur Erforschung des Spektrums wird der Kristall in kleinen Schritten weitergedreht und mit der Ionisationskammer im doppelten Winkel-

betrag nachgefahren. Die Verbindung der Ionisationskammer zum Elektrometer geht über die Drehachse.

Eine Komplikation für die Ausbildung eines reinen Spektrums bildet der Umstand, daß die Reflexion von Strahlung einer *bestimmten* Wellenlänge unter ihrem konstanten selektiven Winkel φ_0 nicht nur bei einer einzigen Kristallstellung statthat, sondern infolge des endlichen Öffnungswinkels δ über einen Bereich δ von Kristallpositionen während der Drehung erfolgt. Es fragte sich, ob das reflektierte Bündel einen festen Konvergenzpunkt besitzt, wodurch allein spektrale Reinheit ermöglicht ist. *Bragg* konnte zeigen, daß bei Anwendung ebener Kristallflächen wirklich eine *Fokussierung* homogener Strahlen erfolgt. Daß hierbei *zeitlich nacheinander* die Strahlen durch denselben Punkt gehen, unterscheidet sie von einer eigentlichen Fokussierung der Optik.

Der Fokus S_2 hat von der Drehachse den gleichen Abstand wie der Spalt S_1. Daher ist für eine scharfe Abbildung nötig, den Spalt S_2 der Ionisationskammer bzw. die empfindliche photographische Schicht (als Film) kreisförmig laufen zu lassen. Häufig wird die photographische Methode verwendet, indem man die Platte in den gewünschten beschränkten Spektralbereich tangential zu dem Kreis $S_1 S_2$ stellt. Der Kristall wird mittels Uhrwerks oder sonstigen mechanischen Antriebs automatisch in dem richtigen Winkelbereich hin und her geschwenkt.

Man kann auch mit *feststehendem Kristall*, K (Fig. 5), ein Spektrum erhalten, wenn man eine ausgedehnte Strahlenquelle P hat, die unter genügendem Divergenzwinkel α des Bündels am Spalt S den Kristall unter verschiedenen Winkeln φ bestrahlt. Bei dieser Methode wird jeder Strahl von einem anderen Stück des Kristalls reflektiert und bildet dann dessen lokale Strukturmängel ab, was leicht zu Fehlern führt, wenn man nicht ausgesuchte Kristalle verwendet und durch Annäherung des Spaltes an den Kristall möglichst kleine Kristallteile auswählt.

Bei sehr *kleinen* Wellenlängen, d. i. bei sehr harten Strahlen, stört die beträchtliche Eindringtiefe A der durchdringenden Strahlen sehr erheblich die Schärfe von Spektrallinien.

Man bekommt von dem Strahl $S\,O$ derselben Wellenlänge das *breite* von $O\,B$ und $A\,C$ begrenzte Bündel trotz beliebig engem Spalt S. Durch *Umkehrung der Strahlenrichtung* läßt sich glücklicherweise dieser Mangel heben[1]). Dann sammelt der Spalt alle Strahlen, die in derselben Richtung (d. i. derselben Wellenlänge), aber aus beliebiger Tiefe vom Kristall kommen, an *einem* Punkt mit der Schärfe seiner Spaltbreite (*Lochkameramethode*). Mit dieser Anordnung gelingt eine scharfe Abbildung des im Röntgengebiet kurzwelligsten Spektralbereichs, der Absorptionsbandkante des Urans mit $\lambda = 0{,}1 \cdot 10^{-8}$ cm.

Die Spektralanalyse des *langwelligen Gebietes* hat ihre besonderen Schwierigkeiten. Einmal verlangt die starke Absorbierbarkeit der Strahlen den *Vakuumspektrographen*, d. h. die Entfernung aller Zwischenmedien, zwischen der Antikathode und der photographischen Platte. Besonders von Herrn *Siegbahn* und seinen Schülern in Lund ist die Erforschung dieses schwierigen Gebietes bereits bis an die Grenzen der Kristallmethode überhaupt getrieben worden. Diese Grenzen liegen in der mangelnden Größe der Gitterkonstante begründet, die selbst bei den weitmaschigsten Kristallen nicht groß genug ist, um die Reflexion einer Wellenlänge

$$> \text{ca. } 20 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$$

zu ermöglichen.

Die *Wellenlängenbestimmung im absoluten Maß* erfordert neben der leicht auszuführenden Messung von φ die Kenntnis der Gitterkonstante d. Diese ist natürlich durch direkte Messung nicht zu gewinnen. Man ist hier auf die Kristall-

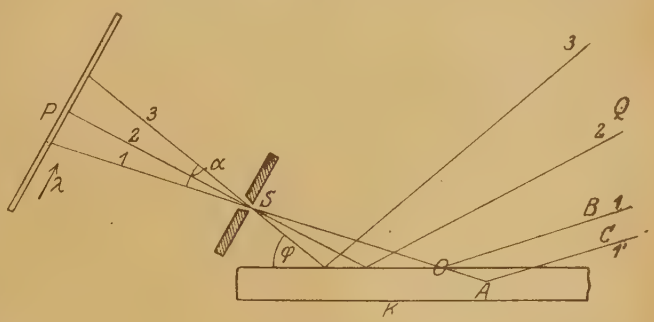


Fig. 5.

strukturkenntnisse angewiesen, die wir *Braggs* verdanken und die sich auf Experimente der Röntgenstrahlreflexion selbst an verschiedenen Netzebenen desselben Kristalles stützen, z. B. NaCl.

Diese ergaben, daß die Na- und Cl-Atome abwechselnd die Ecken eines Würfels erfüllen. Die Kante des Elementarwürfels sei d cm, die Dichte des Steinsalzes $\delta = 2{,}164$, dann ist das Gewicht G des Elementarwürfels

$$G = d^3 \delta;$$

andererseits kommt auf einen Elementarwürfel das *mittlere absolute* Gewicht eines Na- und Cl-Atoms, deren Atomgewichte das 23,00- bzw. 35,45-fache des H-Atoms betragen $= \frac{58{,}45}{2} \cdot \text{H}$.

Das absolute Gewicht des H-Atoms folgt aus Beobachtungen bei der Elektrolyse und der Elementarladung e eines Ions, die *Millikan* genau bestimmt hat. Mit 1 g Wasserstoff wandern danach $60{,}6 \cdot 10^{22}$ Elementarladungen auf ebensoviel H-Ionen als Trägern. Diese wichtige Zahl heißt

[1]) Bei Q ist dann die breite Strahlenquelle, bei P die photographische Platte zu denken.

die Loschmidtsche Zahl L pro Mol. Das Gewicht eines H-Atoms wird daher $H = \frac{1}{L}$ g. Indem wir die beiden Ausdrücke für das Gewicht eines NaCl-Elementarwürfels gleichsetzen, folgt:

$$2{,}164 \cdot d^3 = \frac{58{,}45}{2} \cdot \frac{1}{60{,}6 \cdot 10^{-22}}.$$

Hieraus folgt

$$d = 2{,}814 \cdot 10^{-8}\ \text{cm}.$$

Für die Spaltfläche von Kalkspat fand *Siegbahn* $3{,}029 \cdot 10^{-8}$ cm.

Von dieser Größenordnung sind alle bisher gemessenen Gitterkonstanten anderer Kristalle. Bei sehr genauen Messungen, wie wir sie *Siegbahn* verdanken, wird bereits die Wärmeausdehnung der Gitter„konstante" bemerkbar.

Über die Bedeutung der Röntgenstrahlen für die Erforschung des Atombaus.

Von W. Kossel, München.

Das allgemeine Interesse, das die Entdeckung der Röntgenstrahlen auf sich zog, war dadurch erregt, daß man plötzlich fähig war, durch Materie hindurchzuschauen und zu sehen, was sie in ihrem Inneren enthielt. In den letzten Jahren haben wir gelernt, diese Fähigkeit noch nach einer ganz neuen Seite hin auszunutzen: die Röntgenstrahlen haben begonnen, uns auch über das Innere des Atoms Auskunft zu geben, während die Vorgänge des sichtbaren Lichtes und der Chemie sich nur an der Atomoberfläche abspielen. Wir verdanken diese neuen Gedankenwege vor allem der Entdeckung von *Laue* und der Theorie von *Bohr*.

Daß die Röntgenstrahlerscheinungen sich zumeist in einer Gegend der Atome abspielen, die von deren gewöhnlichen oberflächlichen Veränderungen nicht erreicht wird, war bald zu erkennen. Die Lenardschen Untersuchungen hatten gezeigt, daß die Kathodenstrahlen tief ins Atominnere eindringen. Von den so durchschossenen Atomen ging die neue Röntgensche Strahlung aus. *Lenard* hatte weiter gefunden, daß die Bremsung der Kathodenstrahlen im Atominneren von dem speziellen physikalischen und chemischen Charakter der Atomart gar nicht abhänge, sondern nur von ihrer Masse. Was wir als Oberflächeneigenschaften ansehen, spielte keine Rolle. Genau so hielten es die Röntgenstrahlen. Wie sehr man auch die Untersuchungsmethoden verschärfte: es fand sich keine Andeutung, daß jemals das Verhalten eines Atoms im Röntgenlicht von seiner chemischen Bindung abhängig sei. Dies zeigte sich besonders eindringlich, als durch die Lauesche Entdeckung die Aufnahme der Röntgenlinienspektren möglich geworden war, die die von den raschen Kathodenstrahlen getroffenen Atome aussenden. Jedes Element gab ein charakteristisches Spektrum aus scharfen Linien[1]), wie man es von den tausendmal größeren Wellenlängen des Lichtes her kannte. Der Bau dieser Spektren aber war von Element zu Element derselbe, nur ihre Lage rückte mit wachsendem Atomgewicht stetig zu kürzeren Wellenlängen. Die Lage dieser Linien zeigte nicht den mindesten Unterschied, ob man ein Metall etwa als reines Element oder in chemischer Verbindung untersuchte: von den äußeren Verhältnissen, in denen sich das Atom befindet, scheinen diese raschen Schwingungsarten nicht im mindesten berührt zu werden. Durch alles war der Schluß nahegelegt, daß wir in den Röntgenspektren eine Äußerung des Atominneren zu sehen haben, einer Tiefe, in die äußere Kräfte nur schwer eindringen und in der alle Atome der verschiedenen Elemente gleichartig gebaut sind.

Den Weg zu ihrer theoretischen Deutung hat die Bohrsche Atomtheorie gebahnt. Ihre Grundzüge sind in dieser Zeitschrift schon öfters besprochen worden[1]) — für den heutigen Überblick brauchen wir deshalb nur ganz kurz daran zu erinnern.

Das Rutherford-Bohrsche Modell schreibt bekanntlich vor:

Die Z Elektronen, die das Element der Ordnungsziffer Z im periodischen System um einen Z-fach positiv geladenen Kern versammelt hält, sollen sich bei ihrer Planetenbewegung nur auf solchen Bahnen dauernd aufhalten dürfen, für die ein von der Quantentheorie vorgeschriebener Impulsintegralausdruck ganzzahlig ist. Für die von *Bohr* zuerst angesetzten Kreisbahnen ist dieser Ausdruck einfach gleich dem Impulsmoment: Bewegungsgröße $m\,v$ × Bahnradius r, multipliziert mit der Konstanten 2π, und die Bedingung ist, daß dieser Ausdruck ein ganzes Vielfaches der Planckschen Quantenkonstante h sei:

$$2\pi \cdot m\,v\,r = n \cdot h$$

oder das Impulsmoment: $m\,v\,r = n\,\frac{h}{2\pi}$.

Die so ausgezeichneten Bahnen sollten elektrostatisch und mechanisch normal, also nach der gewohnten Himmelsmechanik berechenbar, aber von der elektrodynamisch vorgeschriebenen Ausstrahlung mit der Umlaufsfrequenz befreit sein. Diese Ausstrahlung würde dazu führen, daß das bewegte Elektron, indem es seine Energie verliert, immer mehr und mehr gegen den Kern fällt. Nach dem angegebenen Impulsansatz

[1]) S. den Bericht von *M. Siegbahn*, Naturwissenschaften *V*, 1917, S. 513 u. 528.

[1]) S. außer dem erwähnten Bericht von *Siegbahn* z. B. die Berichte von *F. Reiche* und *P. Epstein* im *Planck*-Heft 1918 (*VI*, Heft 17).

wächst der Bahnradius mit der „Quantenzahl" n. Tiefer als bis auf die innerste Bahn ($n = 1$, $m v r = \frac{h}{2\pi}$) darf ein Elektron überhaupt nicht fallen, diese Bahn ist strahlungslos. Befindet es sich weiter außen ($n > 1$), so darf es hereinfallen (die äußeren Bahnen dürfen durchaus nicht, wie manchmal geschieht, einfach als nichtstrahlend bezeichnet werden), muß dabei aber im einzelnen besondere Vorschriften innehalten: es darf nur von erlaubter Bahn zu erlaubter Bahn übergehen und die dabei freigewordene Energie darf nicht mit der jeweiligen Umlaufsfrequenz ausgestrahlt werden, sondern mit einer Frequenz ν, die durch die freigewordene Energieportion ΔE und die Quantenkonstante h bestimmt ist:

$$\nu = \frac{\Delta E}{h}$$

(Bohrsche „Frequenzbedingung"). Nimmt das Atom umgekehrt Energie auf, wobei ein Elektron in eine vom Kern weiter entfernte Bahn gebracht wird, so darf dies nur in Schritten geschehen, die zu erlaubten Bahnen führen; soll eine Energiemenge ΔE durch Absorption von Strahlung aufgenommen werden, so muß diese die Frequenz $\nu = \frac{\Delta E}{h}$ haben. Je höher die Frequenz, auf eine desto höhere (weiter vom Kern entfernte) Quantenbahn wird sie das erfaßte Elektron heben können — es resultieren aus den möglichen Energiestufen eine Reihe von Frequenzen, die absorbiert werden können. Sie finden ihr Ende bei der Frequenz, bei der die Energie hinreicht, das Elektron völlig vom Atom abzureißen. Man erhält eine „Serie" von Schwingungszahlen mit einer bestimmten Grenze, und da dieselben Frequenzen $\nu = \frac{\Delta E}{h}$ vom Atom ausgesandt werden sollen, wenn ein Elektron um eine der möglichen Energiestufen gegen den Kern zurückfällt, so findet sich dieselbe Serie von scharfen Frequenzen oder „Spektrallinien" für Emission wie für Absorption. *Bohr* zeigt an den einfachsten Atomen, Wasserstoff und Helium, daß diese Vorschriften numerisch mit voller Meßgenauigkeit von den wirklich beobachteten Serien erfüllt werden, wenn nur ein Elektron da ist.

Bohrs allgemeiner Ausdruck für die Energie des Elektrons auf der n-ten Quantenbahn lautet:

$$E_n = -\frac{2\pi^2 m e^4}{h^2} \cdot \frac{Z^2}{n^2} \quad \ldots \quad (1$$

wo e und m Ladung und Masse des Elektrons, h die Plancksche Quantenkonstante, Z die Ladung des Kerns ist, in dessen Feld dies betrachtete Elektron sich bewegt. Geht es vom n-ten in den m-ten Zustand zurück, so ist die freiwerdende Energie:

$$\Delta E = E_n - E_m = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^2} \cdot Z^2 \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

und also nach der Frequenzbedingung die ausgesandte Schwingungszahl:

$$\nu = \frac{\Delta E}{h} = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^3} \cdot Z^2 \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

Für den Wasserstoff ist die Kernladung $Z = 1$ und *Bohrs* erster Erfolg war bekanntlich, daß die nun entstehende Serienformel genau dem bekannten Typ der Balmerschen Wasserstoffserie

$$\nu = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

entspricht, und insbesondere der aus lauter allgemeinen Konstanten bestehende Ausdruck $\frac{2\pi^2 m e^4}{h^3}$ der lange bekannten Serienkonstanten R gleich ist, deren allgemeine Verbreitung in den optischen Spektren *Rydberg* herausgearbeitet hatte. — Nach ihm pflegt sie heute Rydbergsche Konstante genannt zu werden. *Bohr* folgerte weiter, daß ein Elektron gegenüber einer Kernladung Z Serien der Form $\nu = R \cdot Z^2 \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right)$ zeigen müsse und bestätigte dies in aller Schärfe am Fall des He^+-Atoms, dem man nur ein Elektron gelassen hat, das sich allein im Felde der doppelten Kernladung $Z = 2$ des He-Kerns bewegt. In der Tat zeigt es wiederum den Balmertyp, aber mit vervierfachter Konstante:

$$\nu = 4 R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right).$$

Hier geschah nun der erste Schritt zu den Röntgenspektren. *Bohr* zeigte, daß eine experimentell gefundene Regel über die zur Anregung der härtesten Eigenstrahlung der Elemente, der K-Strahlung, notwendige Energie durch die Annahme wiedergegeben werde, daß diese Strahlung von Elektronen ausgehe, die auf einer Bahn der Quantenzahl 1 der vollen Kernladung Z gegenüberständen. Man sieht ohne weiteres, daß diese Energie nach der Formel mit Z^2 ansteigen muß. Das war aber gerade experimentell gefunden worden, und *Bohr* fand, daß auch die Absolutbeträge der notwendigen Energien sich ausgezeichnet seinem Grundansatz fügten. Der erste Schritt, mit Hilfe der Röntgenstrahlen etwas über Vorgänge auszusagen, die zwischen den innersten Elektronen großer Atome sich abspielen, war getan.

Durch die *Laue*sche Entdeckung wurde es sehr rasch möglich, die experimentellen Grundlagen zu verschärfen. *Moseley* nahm mit dem Kristall die K-Strahlung einer Reihe von Elementen auf, erhielt ganz scharfe Linien und fand, daß die stärkste Linie jedes Elements (K_α-Linie) jeweils die Frequenz zeigte: $\nu_{K_\alpha} = \frac{3}{4} R (Z-1)^2$. Das konnte, im Bohrschen Sinne geschrieben, heißen $\nu_{K_\alpha} = R (Z-1)^2 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right)$, also bedeuten, daß hier ein Übergang eines Elektrons von der Quantenbahn $n = 2$ zur innersten $m = 1$ die ausge-

strahlte Energie liefere. Dieses Elektron schien sich in einem Felde zu bewegen, das fast der vollen Kernladung Z entsprach. Neben der K-Strahlung war noch eine weichere Eigenstrahlung der Elemente bekannt, die L genannt wird. Sie erwies sich ebenfalls als Linienspektrum, und ihre stärkste Linie gehorchte der Formel

$$\nu_{L_\alpha} = {}^5/_{36}\, R\,(Z-7{,}4)^2$$

ließ sich also deuten als:

$$\nu_{L_\alpha} = R\,(Z-7{,}4)^2\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{3^2}\right),$$

das heißt als ein Übergang zwischen den Quantenzahlen $n=3$ und $m=2$. Das wies formal auf einen Vorgang zwischen der drittinnersten und der zweitinnersten Bahn hin. Dabei war besonders anschaulich, daß der quadrierte Klammerausdruck, der im Sinne *Bohrs* die Ladung anzeigt, in deren Feld das betrachtete Elektron sich bewegt, gegen die wirkliche Kernladung Z um einen erheblichen Betrag (7,4 Einheiten) verringert erschien. Im Falle des K-Prozesses, bei dem die Quantenzahlen 1 und 2 auf einen Vorgang zwischen den zwei innersten Elektronenbahnen hinwiesen, trat fast die volle Kernladung, nämlich eine Ladung $(Z-1)$, in Tätigkeit; beim L-Prozeß, dessen Quantenzahlen auf die dritte und zweite Bahn von innen hindeuten, erscheint die Kernladung um mehr als sieben Einheiten verkleinert. Da wir uns bei den beobachteten Röntgenspektren stets im Innern schwererer Atome mit zahlreichen Elektronen bewegen, ist es natürlich, daß beim L-Prozeß, der weiter außen stattfindet, sich bereits andere Elektronen zwischen das bewegte und den eigentlichen Kern eingedrängt haben und mit ihren negativen Ladungen die Wirkung der positiven Zentralladung scheinbar etwas verringern. Diese von der zentralen Kernladung abzuziehende Größe — von *Sommerfeld* als „Kernladungscharakteristik" bezeichnet — hängt augenscheinlich ganz von der Lage der inneren Atomelektronen ab und kann demnach ein wichtiges Mittel werden, diese inneren Anordnungen zu erforschen. Denkt man an Vorgänge, die noch weiter außen liegen, so wird die „Abblendung" der Zentralladung durch zwischenliegende Elektronen immer stärker werden, und denkt man sich schließlich ganz außen von irgendeinem großen Atom ein einzelnes Elektron abgehoben und in einige Entfernung vom übrigen Atom gebracht, so wird durch die gebliebenen Elektronen die Kernladung bis auf eine Einheit abgeblendet erscheinen, das Restatom erscheint als einfach positives Ion. In einiger Entfernung muß sein Feld mit dem eines einfach positiven Punktes übereinstimmen, das heißt, von dem eines Wasserstoffkerns nicht mehr zu unterscheiden sein. Prozesse zwischen weit außenliegenden Bahnen müssen also nach dem Bohrschen Modell bei jedem beliebigen Element dieselben Spektrallinien geben, wie beim Wasserstoff. Diese Tendenz hoher Serienglieder, schließlich auf Ausdrücke zu führen, die von denen des Wasserstoffspektrums nicht mehr zu unterscheiden sind, war aus der Erfahrung bereits lange bekannt und insbesondere von *Paschen* betont worden.

So führt augenscheinlich ein einheitliches Bild vom Atominnersten, wo die Röntgenspektren ihre Quelle haben, zu den Vorgängen über der Atomoberfläche hinüber und verspricht, über den Elektronenbau des Atoms Auskunft zu geben. An den beiden Endpunkten läßt sich leicht anknüpfen: im Innersten haben wir fast mit der vollen Kernladung, ganz außen mit der Ladung eins zu rechnen — was dazwischen liegt aber ist ungeheuer verwickelt. Man braucht nur an die Wirrnis der optischen Spektren zu denken, die in größerer Nähe der Atomoberfläche entstehen, um sich lebendig zu machen, wie unübersichtlich die Verhältnisse werden, wenn man sich dem Elektronengebäude des Atoms selbst nähert. Und im Innern wird es natürlich kaum einfacher, bis man soweit vorgedrungen ist, daß man sich dem Kern selbst gegenüber befindet. Um mit genaueren Ansätzen für die Rechnung überhaupt beginnen zu können, muß man sich über die Vorgänge, die mit der Röntgenlinien-Emission verbunden sind, ein Bild zu machen suchen.

Beim Vergleich der Röntgenlinien mit den optischen fiel ein Unterschied ins Auge, der auf eine wesentliche Verschiedenheit hindeutete: den Röntgenlinien entsprechen keine Absorptionslinien. Es ist bekannt — am besten aus den dunklen Fraunhoferschen Linien des Sonnenspektrums —, daß man optische Linienspektren auch in Absorption erhalten kann: Läßt man fremdes Licht durch einen emissionsfähigen Dampf durchtreten, so verschluckt er dieselben Wellenlängen, die er auszusenden fähig ist. Die Röntgenlinien zeigten nichts dergleichen: die K_α-Wellenlänge eines Elements wird durch eine absorbierende Schicht dieses Elements ebensogut durchgelassen, wie die unmittelbar benachbarten Wellenlängen. Dennoch erfuhr in der Nähe der Emissionslinien auch die Absorption eine Veränderung: bei einer etwas höheren Schwingungszahl nahm sie plötzlich gewaltig zu. Mit dem Augenblick, wo diese starke Absorption einsetzt, beginnt das absorbierende Material auf einmal selbst die K_α-Linie zu emittieren. Der vermehrte Energieverbrauch geht also augenscheinlich auf eine Anregung des Atominnern zurück — der Vorgang erinnert aber nicht an das gewohnte Verhalten von Spektrallinien, sondern an das fluoreszierender Substanzen. Diese verwandeln — nach der sogenannten Stokesschen Regel — stets höherfrequentes Licht in solches von niedrigerer Schwingungszahl, verschlucken etwa Blau und leuchten selbst grün. *Barkla*, der die Röntgen-Eigenstrahlung der Elemente entdeckt und auch diese Erregungsverhältnisse geklärt hat, bezeichnete sie deshalb auch als „Fluoreszenzstrahlung".

Im Bohrschen Modell bedeutet nun Absorption

einer Wellenlänge stets das Herausheben eines Elektrons um die zugeordnete Energiestufe, Emission das Zurückfallen. Der Fluoreszenzcharakter ist also so zu deuten, daß ein Elektron stets mit hoher Schwingungszahl um eine größere Energiestufe gehoben werden muß, um nachher in kleineren Schritten zurückzufallen, wobei niedrigere Schwingungszahlen ausgesandt werden. Wie kommt es, daß die Röntgenspektren auf diesen Typ von Vorgängen beschränkt sind? Bei den optischen Spektren, in denen Absorptions- und Emissionslinien übereinstimmen, kann doch anscheinend jeder Schritt eines Elektrons sowohl auswärts wie einwärts getan werden. — Erinnern wir uns nun aber an den Entstehungsort, den wir beiden Spektren zuschrieben: die optischen sollten an der Oberfläche, die Röntgenspektren in der Tiefe des Atoms entstehen. Bei den optischen Spektren finden wir, daß das Elektron frei jeden Schritt in die nächstäußeren Bahnen tun kann, und das ist verständlich: über der Atomoberfläche ist freier Raum. Beim Röntgenspektrum aber finden wir, daß dem Elektron die nächsten Schritte nach auswärts versagt sind: in seiner näheren Umgebung sind alle Bahnen bereits mit Elektronen förmlich angefüllt, es muß gleich einen sehr großen Schritt tun, um ins Freie zu kommen, die Absorption setzt erst da ein, wo die Schwingungszahl zum Hinausheben über die Atomoberfläche hinreicht. Mit dieser Annahme stimmt aufs schönste überein, daß gleichzeitig mit dem Einsetzen der starken Absorption und der Eigenstrahlung noch ein dritter Vorgang auftaucht: es werden plötzlich an dem bestrahlten Element reichlich Elektronen frei. Wir können also den Mangel an Röntgen-Absorptionslinien darin begründet sehen, daß diese Strahlungen ganz tief im Atominnern erzeugt werden.

Wie kommt es aber nun, daß in der *Emission* scharfe Linien auftauchen, die nach ihrer Gesetzmäßigkeit offenbar von einem Übergang aus der zweitinnersten in die innerste Bahn herrühren? — Wir müssen wohl annehmen, daß im Ruhezustand eines Atoms die Elektronen in bestimmten Zahlen auf die innersten möglichen Bahnen um den Kern verteilt sind. Bei der Absorption in der Nähe der K-Strahlung wird nun, nahmen wir an, ein Elektron aus der innersten Bahn herausgerissen und über die Atomoberfläche hinausgeschleudert. Es ist also jetzt eine Lücke in der innersten Bahn, und es ist nichts natürlicher, als daß dieser ungewöhnliche gespannte Zustand möglichst rasch dadurch behoben wird, daß eines der nächsten äußeren Elektronen in die Lücke nachfällt. Kommt es aus der nächsten, der zweiten Bahn, so wird es in seiner Frequenz analytisch diesen Vorgang verraten, es wird dem Gesetz der K_α-Linie gehorchen. Kommt es aus der übernächsten Bahn, der dritten von innen, so wird eine höhere Energie frei, und die Frequenz wird eine höhere sein, als im ersten Fall. In der Tat hatte *Moseley* eine zweite kurzwelligere K-Linie gefunden, die er K_β-Linie nannte, und bald wurde noch eine weitere entdeckt, K_γ. Die größte Energie und Frequenz, die bei einem solchen Rückfallprozeß zu erhalten wäre, müßte augenscheinlich ein Elektron ergeben, das von außerhalb der Atomoberfläche in die Lücke der innersten Bahn hineinfiele. Diese Frequenz bedeutet die Grenze für die möglichen Linienfrequenzen, die Seriengrenze. Da nun diese Frequenz gerade die erste sein würde, die, wenn sie auf das Atom auffiele, ein Elektron aus der innersten Bahn über die Atomoberfläche hinausheben könnte, so wird gerade bei ihr, nach der oben angenommenen Vorstellung, die starke Absorption beginnen müssen. Die K-Linien eines Elements sind also als regelrechte Serie aufzufassen, deren Grenze vom Einsetzen der starken Absorption angezeigt wird.

Diese Vorstellung vom Herausreißen innerer und Nachfallen äußerer Elektronen führt zu einer Reihe von Folgerungen, an denen sie sich weiter prüfen läßt. Ganz ebenso wie auf die innerste Elektronenbahn ist sie auf die zweite anzuwenden, deren erste Linie in ihrem Gesetz schon einen Übergang von der dritten in die zweite Bahn ankündigt. Wir haben ebenso von einer „L-Serie" zu sprechen, wie wir den Begriff der „K-Serie" zu bilden hatten, und auch hier ist bekanntlich eine ganze Reihe von Linien beobachtet worden, die wir nun alle dem Nachfallen in eine Lücke in der zweiten Bahn zuzuordnen haben. Damit ist eine Reihe von Beziehungen zwischen den Schwingungszahlen der K- und L-Serie vorauszusehen. Fällt ein Elektron unmittelbar von außerhalb des Atoms in eine Lücke im innersten System, so soll die Frequenz der K-Grenze ν_{Kg} erzielt werden. Dieselbe Umordnung können wir aber auch erzielen, wenn wir in die Lücke im innersten zunächst ein Elektron aus dem zweiten nachfallen lassen — dabei soll K_α emittiert werden — und dies dann durch eins von außen ersetzen, was die Frequenz der L-Grenze ν_{Lg} ergibt. Da die Energiemengen, die auf beiden Wegen gewonnen werden, gleich sein müssen, gilt nach der Bohrschen Frequenzbedingung auch für die Frequenzen:

$$\nu_{Kg} = \nu_{K\alpha} + \nu_{Lg}$$

Für die beobachtbaren Größen ausgesprochen, heißt das: die Frequenz der K-Absorptionsgrenze ist gleich der Summe der Frequenzen der K-α-Linie und der L-Absorptionsgrenze. Die experimentellen Ergebnisse haben diese Voraussage mit aller Schärfe der bisher erreichten Meßgenauigkeit bestätigt. Genau ebenso läßt sich schließen, daß beim Rückfallen aus der dritten Bahn in die erste (K-β-Linie) dieselbe Energie frei wird, wie beim Hereinfallen aus der zweiten (K-α) und Nachrücken eines Elektrons aus der dritten in die zweite (L-α). Danach sollte sein:

$$\nu_{K\beta} = \nu_{K\alpha} + \nu_{L\alpha} \quad \ldots\ldots\ldots\

und auch diese Gleichung hat sich an den Experimenten bestätigen lassen (wenn auch hier die unten zu erwähnende Mehrfachheit der dritten Bahn die Erscheinung noch etwas verwickelter macht). Damit war die Annahme, K-β entspreche dem Übergang von der dritten in die innerste Bahn, aufs beste gestützt, und die Seriennatur der K- und L-Strahlung bestätigt.

Der Wert solcher Wechselbeziehungen zwischen den Serien für den Atombau liegt zunächst darin, daß sich die Schwingungszahlen benachbarter Serien berechnen lassen, die schwer oder gar nicht zu beobachten sind. Sie müssen ebenso, wie zwischen K und L, auch zwischen L und der Serienemission der drittinnersten Bahn, der M-Serie, gelten. In der Tat gilt:

$$\nu_{Lg} = \nu_{L\alpha} + \nu_{Mg}.$$

Man kann also aus der Lage der stärksten L-Linie und der zu ihr gehörigen Absorptionsgrenze die Lage der M-Grenze berechnen, die auf die Abreißarbeit aus der dritten Bahn schließen läßt. Die M-Serie ist jetzt unmittelbar beobachtet — sie ist bereits sehr langwellig und sehr wenig durchdringend, und vorläufig scheint mit ihr die Grenze erreicht zu sein, an der die bisherigen kristallspektrographischen Methoden Halt machen müssen. Aus der Lage ihrer Linien und Grenzen aber läßt sich bereits auf die Schwingungszahl der Absorptionsgrenze ein Schluß ziehen, die die nächste, noch mehr nach dem Licht hin liegende Serie, die N-Serie, die Emission aus der vierten Bahn von innen, zeigen muß.

Durch die Kenntnis dieser Serien und die Erkenntnis ihres richtigen Zusammenhangs untereinander erhalten wir also eine Übersicht über die Energieverhältnisse in den innersten Elektronenregionen des Atoms. Wir haben augenscheinlich eine Reihe aufeinanderfolgender Zonen oder Schalen aus Elektronen anzunehmen, deren jede der Träger einer Eigenstrahlung oder Röntgenserie ist. Wir können danach die innerste die K-Schale oder den K-Elektronenring, die zweite die L-Schale und so fort nennen. Die bisherigen Ergebnisse führen uns bei den schwersten Elementen bis auf eine vierte Schale von innen: die N-Schale.

Auf eine solche Anordnung der Elektronen in Zonen oder Schalen deutet nun aber auch der merkwürdige regelmäßige Wechsel hin, den die chemischen Eigenschaften mit wachsender Elektronenzahl oder Ordnungszahl des Elements durchmachen und der im „periodischen System" der Elemente zur Anschauung gebracht wird. Es findet sich da, daß in regelmäßigen Abständen Elemente vorkommen, die besonders leicht ein Elektron abgeben (die Alkalimetalle), und ihnen folgen jeweils solche, die stets zwei auf einmal verlieren (die Erdalkalimetalle) usf. Man kann das, in Übereinstimmung mit dem Charakter der optischen Spektren, durch die Annahme deuten, daß beim Alkalimetall ein, beim Erdalkalimetall zwei Elektronen besonders weit außen liegen. Denkt man sich also die Elektronengebäude der Elemente schrittweise aus den einfachsten aufgebaut, so hat man jeweils beim Alkalimetall eine neue, weiter außen liegende Schale von Elektronen anzufangen. Der innersten dieser Schalen sind nur zwei Elektronen zuzuordnen, denn schon das dritte Element Li ist ein Alkalimetall. Die mit ihm begonnene zweite Schale bekommt im ganzen 8 Elektronen, sie wird nach 8 Elementen, beim Neon, abgeschlossen, und mit Na beginnt eine neue, dritte. Bleiben diese Gebilde auch bei den schwereren Atomen im Inneren erhalten, während sich außen immer neue Elektronenanordnungen herumlegen, so hätten wir die bei Helium vollendete Schale aus 2 Elektronen mit der Quelle der K-Serie, die bei Neon vollendete zweite als die der L-Serie anzusehen und so fort.

Man würde diese Frage beantworten können, wenn es gelänge, die Wellenlängen der einzelnen Röntgenspektrallinien aus der Elektronenbesetzung der Schalen absolut zu berechnen. Diese Aufgabe, bei der die ganzen Veränderungen, die eine Elektronenumlagerung im Innern des Atoms mit sich bringen muß, in die Energiebilanz mit einzurechnen sind, erfordert augenscheinlich sehr verwickelte Rechnungen. Als erster hat *Debye* den Versuch einer näheren Rechnung gemacht und wurde zu der Annahme geführt, daß im innersten Ring drei Elektronen sich aufhielten. Da nach dem periodischen System zwei vorhanden sind, besteht zwar immerhin noch eine Abweichung, die über die Ansprüche der Rechnung auf Genauigkeit hinausgeht. Indes haben die verschiedensten weiteren Rechenversuche an den K- und L-Linien immer wieder auf eine Besetzung des innersten Ringes mit etwa 3, des zweiten mit etwa 9 Elektronen geführt, also auf Zahlen, die anzeigen, daß in der zweiten Schale ein Mehrfaches an Elektronen sei wie in der ersten. Man darf zunächst wohl jedenfalls an der Annahme festhalten, daß die Elektronenzahlen 2 und 8 sind, wie das periodische System angibt, daß aber die Anordnung innerhalb der Schale noch zu wenig bekannt und die vollständige Rechnung zu verwickelt sei, um die Linien streng wiederzugeben.

Wenn die höheren Glieder der Röntgenserien durch Hereinfallen aus äußeren Elektronenschalen entstehen, können sie erst von den Elementen an bestehen, bei denen nach dem periodischen System die betreffende Außenschale entsteht. Auf Folgerungen dieser Art hat zuerst *Swinne* hingewiesen. Wir nahmen an, daß das in den ersten Ring eintretende Elektron der K-Strahlung bei der ersten Linie (α) aus der zweiten Elektronenschale, bei der zweiten (β) aus der dritten komme, haben also für γ die vierte Schale als Ausgangspunkt anzusehen. Nach dem periodischen System bildet sich die vierte Schale von Kalium an aus, und es ist befriedigend, daß $K\gamma$ vor Kalium nicht aufzufinden war, sondern erst vom folgenden Element Calcium an auftaucht.

Am meisten würde es natürlich befriedigen, wenn man verfolgen könnte, wie das einfache Spektrum, das sich zeigt, wenn (bei den Alkalimetallen) eine neue Schale mit einem Elektron beginnt, sich nach und nach umwandelt, wenn mehr und mehr Elektronen in die Schale eintreten, und wie es schließlich zu einer der bekannten Röntgenserien wird, wenn die Schale bereits, von vielen anderen Elektronen umgeben, im Atominnern liegt. Das Material reicht aber noch nicht hin, diesen Weg zusammenhängend zu durchlaufen. Die Elemente, die erst ein Elektron in der Außenschale haben, die Alkalien, besitzen sehr durchsichtige Spektren, die mit dem des Wasserstoffs, der überhaupt nur ein Elektron hat, große Ähnlichkeit zeigen. Gehen wir durch die Periode fort, so sind beim Erdalkali (zwei Außenelektronen) zwar die Seriengesetze noch vollständig zu übersehen, mit weiter zunehmender Elektronenzahl aber verschwindet die Übersichtlichkeit vollständig. Beim Element, das die Periode beendet, bei dem also die Schale abgeschlossen wird, sollte zum erstenmal die volle Elektronenzahl vorhanden sein, die die Schale von nun an beibehält und auch später als Quelle der Röntgenserie besitzt. Bei diesen abschließenden Elementen, den Edelgasen, sollte die Schale noch gerade an der Atomoberfläche liegen — die optischen Spektren aber sind hier ungeheuer verwickelt und für Modellüberlegungen (außer vielleicht bei Helium) noch nicht angreifbar. Nun würde es freilich für die erste Feststellung unseres Zusammenhangs mit den Röntgenspektren völlig hinreichen, wenn wir nur die Frequenz der einen Linie kennten, die entsteht, wenn ein Elektron aus der nächstäußeren Bahn in unsere Schale zurückfällt. Dieser Vorgang ist derselbe, den wir bei den stärksten Linien der Röntgenserien annehmen, und sollte mit ihnen in gesetzmäßigem Zusammenhang stehen. Glücklicherweise sind derartige Werte für Helium. Neon und Argon, also die Elemente, die die drei innersten Schalen abschließen sollen, durch Elektronenstoßbeobachtungen von *Franck* und *Hertz* bekannt. Die Heliumbeobachtung, die dem *K*-Ring zuzuordnen ist, also gewissermaßen als erste *K*-α-Linie eines vollständigen *K*-Ringes gelten darf, scheint sich dem Verlauf der *K*-α-Linien gut anzuschließen. Doch klafft hier noch eine große Lücke; die *K*-α-Linien selbst sind erst von Natrium an ausgemessen. Besser steht es mit der zweiten, der *L*-Schale.

Nach dem Verlauf des periodischen Systems scheint die zweite Schale beim Neon fertig zu werden, beim Na beginnt die dritte, und die Neon-Schale rückt nun ins Atominnere und wird nach unserer Vermutung bei höheren Atomgewichten die Quelle der *L*-Serien. Wir müssen also erwarten, daß die von *Franck* und *Hertz* beim Neon beobachtete Größe mit den *L*-α-Linien der Röntgenspektren zusammenhängt. In der Tat läßt sich zeigen, daß die Schwingungszahl der *L*-α-Linie, die bei höheren Atomgewichten unmittelbar beobachtet ist und bis zum Natrium herab aus den beobachteten *K*-Linien (nach Gl. 2) berechnet werden kann, bis dorthin regelmäßig von Element zu Element abnimmt und unmittelbar in den Wert hineinzielt, den *Franck* und *Hertz* für die erste Linie der äußersten Atomschale des Neon beobachten. Damit scheint bewiesen, daß hier der Träger des *L*-Spektrums an die Atomoberfläche tritt — die Röntgenspektroskopie sagt also von sich aus dasselbe aus, was die Valenzcharaktere im periodischen System andeuten: die zweitinnerste Elektronenschale wird beim Neon fertig. Ein ähnlicher Schluß läßt sich für das Argon als Endglied der dritten Schale ziehen.

Man darf also über die Existenz der Elektronenschalen und die Zahl der darin enthaltenen Elektronen einigermaßen sicher sein — wenigstens für die innersten. Nun fragt sich weiter, wie die feinere Anordnung der Elektronen in der Einzelschale aussieht. Man kann erwarten, hierüber einmal von den „Kernladungscharakteristiken" der Seriengleichungen, die ja von der Abstoßung benachbarter Elektronen auf das bewegte herzurühren scheinen, Auskunft zu erhalten. Vor der Hand scheint dies Mittel noch nicht zu eindeutigen Schlüssen hinzureichen. Die Sachlage wird außerdem dadurch verwickelt, daß, nach der Feinstruktur der Röntgenlinien geurteilt, die Schalen verschiedener Zustände fähig zu sein scheinen. Die innerste zwar, mit ihren zwei Elektronen, scheint einfach zu sein. An der zweiten aber fand der Verf. 1914, daß sie mehrere, und zwar jedenfalls zwei stärkere Absorptionsgrenzen besitze. Es gab also zwei Ablösearbeiten für Elektronen dieser Schale, und es ließ sich zeigen, daß die *L*-Strahlung, wenn sie ebenso wie *K* als Serie aufgefaßt werden sollte, eine Dupletserie konstanten Abstandes sein mußte: der verwickeltere Bau und das von *Moseley* und *Darwin* gefundene verschiedene Anregungsverhalten der *L*-Linien ließ sich daraus verstehen, daß hier zwei Einzelserien durcheinanderliefen. Auch in der *K*-Serie äußerte sich der doppelte Charakter von *L*: die *K*-α-Linie, die durch den Übergang von *L* her entstehen sollte, erwies sich als Duplet, und Messungen von *Malmer* (1915) ermöglichten den Nachweis, daß es richtig den Abstand der *L*-Grenzen zeige: es fielen also aus beiden Zuständen von *L*-Elektronen in den *K*-Ring hinein. Das deutete auf einen verwickelten Bau der *L*-Schale aus zwei Elektronengruppen oder darauf, daß *L* zwei Zustände annehmen könne. Eine sichere Begründung für diese sonderbare Verdoppelung ließ sich nicht angeben.

Da zeigte *Sommerfeld* 1916, daß eine strenge formale Durchführung der grundlegenden Quantenvorschriften fordere, daß mehrquantige Bahnen nicht nur in der von *Bohr* zuerst untersuchten Kreisform, sondern auch in Ellipsen vorgeschriebener ganzzahliger Achsenverhältnisse bestehen

könnten. Für eine zweiquantige Bahn ergaben sich so zwei Zustände: als Kreis und als Ellipse, deren kleine Achse die Hälfte der großen ist. Beide müßten mit Rücksicht auf die relativistischen Massenänderungen des Elektrons während des Durchlaufens der Ellipse energetisch ein wenig verschieden sein.: es ergab sich ein Duplet. Diese Folgerung würde im optischen Gebiet genau erfüllt. Nahm man nun an, die *L*-Schale bestehe aus solchen zweiquantigen Bahnen und rechnete man dies Duplet so aus, als liege das *L*-Elektron einfach im Felde eines punktförmigen Kerns, so hatte die Dupletbreite mit der vierten Potenz der Kernladung zuzunehmen. Dies Gesetz bestätigte sich aufs erstaunlichste vom ersten (H) bis zum letzen Element (Uran) und bildet eine der schönsten Bestätigungen der allgemeinen Sommerfeldschen Quantenansätze für die Elektronenbewegung im Bohrschen Modell. Besonders wertvoll ist dabei, daß die Rechnung mit dem einfachen Zentralfeld für die Darstellung der Duplets so gut zu brauchen ist, obwohl man sich doch in der zweiten Elektronenschale bereits mitten zwischen den Elektronen befindet. Dies Feld muß in dieser Zone noch ziemlich „wasserstoffähnlich" sein, und das ermutigt zu der Hoffnung, daß man sich auch durch diese zuerst hoffnungslos verwickelt aussehenden Bedingungen einmal wird durchfinden können.

Zunächst freilich bieten sich viele große Schwierigkeiten. Die Frage, wie die Achterfiguren im einzelnen aussehen, ist mit der Erkenntnis ihrer zweiquantigen Natur noch nicht gelöst — ja der einfachste Ansatz zeigt, daß die *L*-Ellipsen in die *K*-Bahnen einschneiden müssen, so daß man nicht versteht, wieso sie sich um diese Störung so gar nicht kümmern, sondern das Gesetz eines einfachen Zentralfeldes zeigen.

Die Sommerfeldschen Quantenansätze bewähren sich nun weiter auch rein qualitativ darin, daß „*M*" (— die dritte Schale —) als „dreiquantiges" System drei stärkste Absorptionsgrenzen zeigt. Der Entdecker dieser Grenzen, *Stenström* (1919), konnte gleichzeitig eine neue Erscheinung zum ersten Mal experimentell nachweisen, die man nach den Vorstellungen, die wir uns oben mit Hilfe des Bohrschen Modells von der Serienerregung machten, voraussehen mußte. Die Absorption sollte in der Heraushebung des Elektrons über die Atomoberfläche bestehen. Aus der Optik wissen wir, daß ein von der Atomoberfläche selbst kommendes Elektron in die verschiedensten Bahnen außerhalb des Atoms versetzt werden kann, wodurch eben die scharfen Absorptionslinien der Optik entstehen. Für ein Elektron freilich, an dem bereits die große Arbeit geleistet worden ist, es aus der Nähe des Kerns wegzuholen, besitzen die verschiedenen Bahnen außerhalb des Atoms nur noch geringe Energieunterschiede. Ein genügend gesteigertes Auflösungsvermögen aber muß sie unterscheiden können und nachweisen, daß die Absorptionsgrenze in der Tat ganz eng liegende Absorptionslinien enthält. *Stenström* fand diese Erscheinung 1919 an der *M*-Serie, *Fricke* an der *K*- und *G. Hertz* an der *L*-Serie. Der Übergang zum optischen Charakter der Absorption in Linien fand sich nach der Erwartung gerade da, wo wir mit der Atomoberfläche zu tun bekommen. Man darf hoffen, aus dieser Erscheinung noch Schlüsse über die Verhältnisse an der Atomoberfläche ziehen zu können, wenn andere Mittel versagen.

Die vielfältigen Eigentümlichkeiten der Röntgenserien, die noch durchzuarbeiten sind, wie das Ausfallen erwarteter einzelner Linien, die genauen Zusammenhänge der Frequenzen, die Existenz einer schwachen dritten Gruppe in der *L*-Serie (*Sommerfelds* „Λ"-Linien) u. s. f. versprechen noch viele Ergebnisse im einzelnen. Schon jetzt aber sind die Röntgenstrahlen das mächtigste Hilfsmittel geworden, in die Ordnung der Elektronen des Atominneren Licht zu bringen.

Die Befruchtung der Chemie durch die Röntgenstrahlenphysik.

Von Paul Pfeiffer, Karlsruhe.

Die glänzende Entdeckung neuartiger Strahlen durch *Röntgen* im Jahre 1895 hat zunächst auf die Entwicklung der Chemie keinen merklichen Einfluß ausgeübt. An und für sich wichtige Beobachtungen über die Beeinflussung rein chemischer und physiologisch-chemischer Vorgänge durch Röntgenstrahlen haben zu keinen neuen Erkenntnissen für die Chemie geführt. Die Sachlage änderte sich aber mit einem Schlage, als im Jahre 1912 *Laue* und seinen Mitarbeitern *Friedrich* und *Knipping*[1]) durch eine genial einfache Versuchsanordnung die Enträtselung der Natur der Röntgenstrahlen gelang.

Man erhielt einen tiefen Einblick in den strukturellen Aufbau der Kristalle, und man lernte die wichtige Tatsache kennen, daß unsere chemischen Valenzkräfte ebenso wie den inneren Aufbau der Moleküle, so auch die Gitterstruktur der Kristalle bedingen, daß für die Moleküle wie für die Kristalle die gleichen stereochemischen Gesetze gelten.

Man fand die Hochfrequenzspektren der Elemente auf, deren Erforschung ein ganz neues Licht auf den inneren Aufbau der Atome und auf das periodische System der Elemente warf.

Wenn wir auch noch mitten in der Entwickelung und im Ausbau dieser Forschungsgebiete stehen, so erscheint es mir doch schon möglich und auch erwünscht zu sein, in kurzen Strichen ein Bild von dem bisher Erreichten zu entwerfen und

[1]) Sitzungsber. der kgl. Bayer. Akad. d. Wiss. *1912*, S. 303; Ann. d. Physik *41*, 971 (1913).

bei dieser Gelegenheit auf einige schon vielfach erörterte Probleme der Chemie hinzuweisen, deren Lösung in absehbarer Zeit mit Hilfe der Röntgenstrahlenphysik zu erwarten steht.

1. Die Röntgenstrahlenphysik und die Valenzprobleme.

Bekanntlich gelang *Laue* und seinen Mitarbeitern die Enträtselung der Natur der Röntgenstrahlen auf Grund der Tatsache, daß diese Strahlen beim Durchgang durch Kristalle von ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt werden und durch Interferenz charakteristische Beugungsbilder geben. Diese Beugungs- und Interferenzerscheinungen werden dadurch bedingt, daß in den Kristallen die einzelnen Atome und Atomgruppen nach bestimmten raumgeometrischen Prinzipien geordnet sind, so daß die Kristalle von regelmäßigen Spaltensystemen durchzogen werden, deren Spaltbreiten, wie eine einfache Rechnung ergibt, gerade die zur Erzeugung scharfer Interferenzbilder richtige Größenordnung besitzen. Man sieht also ohne weiteres ein, daß die Interferenzerscheinungen der Röntgenstrahlen in Kristallen uns nicht nur Aufschluß über die Natur der Röntgenstrahlen, sondern gleichzeitig auch einen tiefen Einblick in den inneren Aufbau der Kristalle geben müssen.

Die Ausgestaltung der Kristallstrukturanalyse verdanken wir vor allem *W. H.* und *W. L. Bragg*[1]). Nach ihrer Betrachtungsweise, die sich als außerordentlich fruchtbar erwiesen hat, kommen die Beugungsbilder in den Kristallen durch Reflexion der Röntgenstrahlen an mit Atomen besetzten Scharen paralleler Netzebenen zustande, wobei von einer gegebenen Schar von Netzebenen die Röntgenstrahlen nur dann reflektiert werden[2]), wenn sie bei gegebener Wellenlänge unter einem bestimmten Winkel auftreffen. Wir haben also die Möglichkeit, aus einem Bündel verschiedenfarbiger Röntgenstrahlen mit Hilfe von Kristallen monochromatische Strahlen abzusondern, die nun ihrerseits, und zwar mit noch besserem Erfolg als die gewöhnlichen Röntgenstrahlen, zur Kristallstrukturanalyse benutzt werden können.

Einen weiteren großen Fortschritt bedeuten die Arbeiten von *P. Debye* und *P. Scherrer*[3]) (von 1915 ab), nach denen bei bestimmter Versuchsanordnung selbst Kristallpulver charakteristische Röntgenstrahleninterferenzen geben. Damit ist das Anwendungsgebiet der Lauemethodik ganz gewaltig erweitert; in „kristallinischer" Form lassen sich ja die meisten chemischen Verbindungen erhalten, während Kristalle mit gut ausgebildeten Flächen, die für die Arbeitsweisen von *Laue* und *W. H.* und *W. L. Bragg* unbedingt gebraucht werden, viel seltener zugänglich sind. Näher auf die Versuchsanordnungen der einzelnen Forscher und auf die Art und Weise der Auswertung der erhaltenen Resultate einzugehen, ist hier nicht der Ort; wir wollen vielmehr sofort diejenigen Kristallstrukturen kennen lernen, deren Aufklärung von erheblichem, chemischem Interesse ist, und beginnen mit einer Besprechung der Diamantstruktur.

Im Diamantkristall ist nach *W. H.* und *W. L. Bragg* jedes einzelne C-Atom räumlich symmetrisch von 4 anderen umgeben (tetraedrische Anordnung)[1]). Es heben sich also im Kristallaufbau des Diamants keine C_n-Komplexe heraus (atomares Kristallgitter); der Molekularbegriff verliert hier seine Bedeutung, wenn man nicht den ganzen Kristall als Molekül auffassen will. Diese Struktur des Diamants erinnert uns nun lebhaft an die Vorstellungen, die wir seit *van't Hoff* und *Le Bel* über die räumliche Anordnung der Atome in den gesättigten aliphatischen Verbindungen haben. Ebenso wie im Diamant „tetraedrische Struktur" herrscht, so ist auch in den organischen Verbindungen der allgemeinen Formel CR_4 das Kohlenstoffatom Zentrum eines regulären Tetraeders, in dessen 4 Ecken sich die Atome oder Radikale R befinden. Eine solche Übereinstimmung muß den Gedanken nahe legen, daß die Kohäsionskräfte, die im Diamantkristall die Kohlenstoffatome zusammenhalten, identisch sind mit den chemischen Valenzkräften, die in den Molekülen der organischen Verbindungen die Kohlenstoffatome aneinanderketten. Daß eine solche Identifizierung durchaus berechtigt ist, daß also die Kohlenstoffatome im Diamanten ganz normal 4-wertig auftreten, ergibt sich besonders schön aus der vor kurzem erschienenen Arbeit von *K. Fajans*[2]), nach der die Bildungswärmen einer C—C-Bindung in gesättigten Kohlenwasserstoffen und einer solchen im Diamanten nahezu identisch sind, ihr Unterschied beträgt höchstens 2 bis 4 k-cal. pro Mol.[3]).

Hervorgehoben sei noch, daß der Diamantkristall, bedingt durch seinen tetraedrischen Aufbau, ein System orthokondensierter Kohlenstoff-Sechsringe darstellt, die dem chemischen Typus des Cyclohexans und seiner Derivate entsprechen, also alicyclischen Charakter haben.

[1]) Proc. Royal Soc. *1913*, S. 88, 428 usw.; Z. anorg. Ch. *90*, 153, 169 usw. (1914).

[2]) Indem sich dann, und nur dann, die von den einzelnen parallelen Netzebenen kommenden Strahlen gegenseitig verstärken.

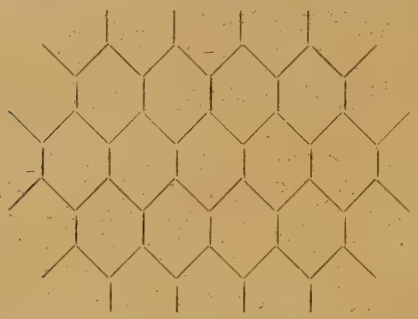
[3]) Nachr. d. Kgl. Ges. d. Wiss. Göttingen, 4. und 8. Dez. 1915 usw.

[1]) Die Angabe, im Diamant sei jedes C-Atom symmetrisch von vier anderen umgeben, ist, worauf noch besonders hingewiesen sei, für die Kennzeichnung seiner Kristallstruktur nicht *hinreichend* (s. hierzu *Mohr*, Ch. Z. 1915 S. 1065). Die exakte Umschreibung der Diamantstruktur lautet: Der Diamantkristall setzt sich aus flächenzentrierten Würfeln zusammen, deren Ecken und Flächenmitten von einzelnen C-Atomen besetzt sind; außerdem befindet sich noch je 1 C-Atom inmitten abwechselnder Oktanten der Würfel.

[2]) Ber. *53*, 643 (1920).

[3]) Der wahrscheinlichste Wert der Bildungswärme einer C—C-Bindung scheint bei etwa 140 k-cal zu liegen; von der Unsicherheit dieses Wertes wird aber die obige Differenz nicht betroffen.

In ähnlicher Beziehung wie der Diamant zu den aliphatischen, steht der Graphit zu den aromatischen Verbindungen. Wir wissen heute, dank der Arbeiten von *Debye* und *Scherrer*, daß sich der Graphit aus parallel übereinandergeschichteten ebenen Tafeln von C-Atomen aufbaut. In diesen Tafeln bilden die C-Atome eine fast unendliche Zahl orthokondensierter Benzolringe:



die gegenseitige Verknüpfung der einzelnen Tafeln wird durch die „vierten", an den einzelnen Ring-Kohlenstoffatomen noch zur Verfügung stehenden Valenzen bedingt, die, senkrecht zu den Ringebenen, abwechselnd nach oben und unten gerichtet sind. Diese „vierten" Valenzen haben gegenüber den Ringvalenzen nur einen geringen Affinitätsinhalt, so daß die einzelnen C-Tafeln relativ weite Abstände voneinander haben.

Die Debye-Scherrersche Ansicht über die Struktur des Graphits, die sehr gut zu der Tatsache stimmt, daß nach *A. L. von Steiger*[1]) die Affinitätsinhalte der C—C-Bindungen im Benzol und in den Ringen des Graphits nahezu übereinstimmen, aber verschieden von den Affinitätsinhalten der C—C-Bindungen in den aliphatischen Grenzkohlenwasserstoffen und im Diamant sind, ist auch rein chemisch in mancher Beziehung von Interesse. Vor allem kommen wir endlich zu einer bestimmten Anschauung über die Konfiguration des Benzolrings, über die schon viel gestritten worden ist; wir müssen jetzt annehmen, daß im Benzol, entsprechend dem Aufbau des Graphits, die 6-Ringatome und die mit ihnen verknüpften H-Atome plan gelagert sind, eine Ansicht, welche gut mit der Tatsache übereinstimmt, daß aromatische Verbindungen ohne asymmetrisches C-Atom nie aktiv auftreten, auch dann nicht, wenn sie in Organismen vorkommen.

Da wir über die gegenseitigen Entfernungen der C-Atome im Graphit gut unterrichtet sind, diejenigen der Ring-C-Atome betragen 0,145 μμ, so kennen wir jetzt auch wenigstens der Größenordnung nach, die absoluten Dimensionen innerhalb der Moleküle einfacherer aromatischer Verbindungen, ein Resultat, welches man noch vor wenigen Jahren für unerreichbar gehalten hätte.

Von großer Wichtigkeit ist auch der Umstand, daß wir im Graphitkristall genau über den Verbleib der so geheimnisvollen „vierten" Valenz der Ring-C-Atome orientiert sind. Es ist ja allbekannt, daß bei den zahllosen Diskussionen über die Benzolkonstitution den Chemikern seit *Kekulé* nichts so viel Kopfzerbrechen gemacht hat wie die Unterbringung der anscheinend überflüssigen „vierten" Kohlenstoffvalenzen. Nun stellt sich beim Graphit heraus — und wir dürfen das dort Erkannte wohl ohne Bedenken auf die aromatischen Verbindungen übertragen —, daß wir berechtigt sind, beim aromatischen C_6-Ring von 3-wertigen Kohlenstoffatomen zu reden; die „vierten" Valenzen sind nur noch rudimentär vorhanden und den übrigen nicht vergleichbar. Diese rudimentären Valenzfelder sind es aber wohl, die bei der Bildung der zahlreichen Molekülverbindungen aromatischer Kohlenwasserstoffe und ihrer Derivate in Betracht kommen; sie sind es wohl auch, die bei Substitutionsvorgängen in der aromatischen Reihe primär abgesättigt werden, unter Bildung sog. Vorverbindungen.

Während wir so die Kristallstrukturen des Diamants und Graphits leicht auf Grund der klassischen Valenztheorie deuten können, müssen wir bei fast sämtlichen übrigen Kristallen — falls wir nicht überhaupt auf eine *chemische* Erklärung verzichten wollen, wozu aber kein Grund vorliegt — die Wernersche Koordinationslehre zu Hilfe nehmen. Zwei einfache Beispiele mögen dies zeigen. Im Silberkristall haben wir als Elementargebilde einen flächenzentrierten Würfel, dessen Ecken und Flächenmitten von einzelnen Silberatomen besetzt sind; oder anders ausgedrückt, im Silberkristall ist jedes einzelne Silberatom räumlich symmetrisch (in den Kantenmitten eines Würfels) von 12 anderen Atomen gleicher Art umgeben. Da aber Silber bekanntlich einwertig ist, so fällt jede Möglichkeit fort, den Aufbau des Silberkristalls rein valenzmäßig (im alten Sinne) zu deuten. Nehmen wir als zweites Beispiel den Kochsalzkristall; in ihm sind die Na- und Cl-Atome so angeordnet, daß sie abwechselnd Würfelecken besetzen. Daraus folgt aber, daß im Kochsalzkristall jedes Na-Atom von 6 Cl-Atomen und jedes Cl-Atom von 6 Na-Atomen umgeben ist. Auch hier versagt, da Natrium und Chlor einwertig sind, die übliche Valenzlehre.

Ich konnte nun zeigen[1]), daß man diese und zahlreiche sonstige Kristallstrukturen dann ganz einfach chemisch deuten kann, wenn man als Vergleichsobjekte nicht die chemischen Verbindungen erster Ordnung, sondern die Molekülverbindungen heranzieht. Man erkennt dann leicht, daß die Kristalle extrem hochmolekulare Molekülverbindungen sind, die den Gesetzen der Koordinationslehre folgen. So ist der Kochsalzkristall, welcher ja eine Aneinanderlagerung von NaCl-Molekülen darstellt, ganz nach der Art der gewöhnlichen

[1]) Ber. *53*, 666 (1920).

[1]) Z. anorg. Ch. *92*, 376 (1915); *97*, 161 (1916); *105*, 26 (1918). Siehe auch *Paul Niggli*, Z. anorg. Ch. *94*, 207 (1916); Ber. d. math.-phys. Klasse d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss. *67*, 364 (1915).

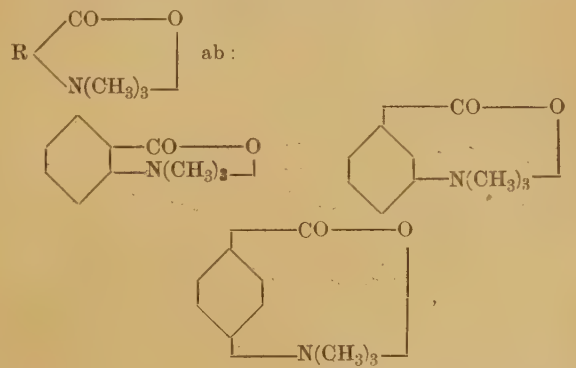
Doppelchloride aufgebaut. So wie im Kaliumplatinchlorid-Molekül $PtCl_4, 2\,KCl = PtCl_6K_2$ das Platinatom in Oktaederecken von 6 Chloratomen umgeben ist, so sind im Kochsalzkristall um jedes Natriumatom räumlich symmetrisch 6 Cl-Atome gelagert, so daß im Kaliumplatinchlorid-Molekül wie im Kochsalzkristall die zentralen Metallatome die räumliche Koordinationszahl 6 haben. Dem Kochsalzkristall schließen sich im Aufbau die übrigen Alkalihalogenidkristalle, aber auch zahlreiche Carbonat-, Sulfat- und Nitratkristalle an, indem in den letzteren die CO_3-, SO_4- und NO_3-Reste die Rolle der Halogenatome übernehmen, also koordinativ einwertig wirken.

Der Silberkristall mit der Atomanordnung $AgAg_{12}$ (siehe oben) hat seine nächsten chemischen Verwandten unter den Metalliden der Formel RZn_{12} und RHg_{12}[1]), die den Molekülverbindungen zum mindesten recht nahe stehen.

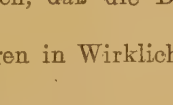
Hiermit ist der Koordinationslehre ein neues, großes Gebiet erschlossen[2]), dessen weitere Bearbeitung noch manche Überraschungen und Rückwirkungen auf rein chemische Fragen bringen wird. Schon heute wissen wir, daß der Wernersche Koordinationsbegriff wesentlich erweitert werden muß, wenn er Kristalle wie Molekülverbindungen einheitlich umfassen soll. So können als Koordinationszentren nicht nur — entsprechend der bisherigen Ansicht — einzelne Atome, sondern auch Atomgruppen, im Grenzfall sogar ganze Moleküle wirken, eine Tatsache, die uns zu einer einfachen stereochemischen Erklärung der interessanten Isomerieerscheinungen führt, die bei den Heteropolysäuren, z. B. der Kieselwolframsäure $[SiO_6(WO_3)_{12}]H_8$ auftreten.

Der Kristallaufbau salzartiger Verbindungen ist der Einfachheit halber bisher so dargestellt worden, daß Gitterpunkte von *Atomen* resp. *Atomgruppen* besetzt sind. Diese Vereinfachung wollen wir jetzt fallen lassen. Wir wissen heute, vor allem durch eine Arbeit von *Debye* und *Scherrer*[3]) über die Intensität der Interferenzlinien im Röntgenogramm des Lithiumfluoridkristalls, daß in den Salzkristallen als Bausteine nicht die Atome und Atomgruppen selbst, sondern *Ionen* auftreten. So setzt sich der Kochsalzkristall aus Natriumionen und Chlorionen, der Kalkspatkristall aus Calciumionen und CO_3-Ionen zusammen, wobei elektrostatische Anziehungs- und Abstoßungskräfte die Ionen in bestimmter, gegenseitiger Entfernung halten. Diese Tatsache, daß in den Kristallen der Salze (der heteropolaren Verbindungen) die Ionen schon vorgebildet sind, ist nicht nur von großer physikalischer Bedeutung (Aufklärung der Natur der Kohäsionskräfte und damit auch der heteropolaren Valenzkräfte), sie wirft auch ein neues Licht auf manche chemische Vorgänge. So wird uns jetzt die elektrolytische Dissoziation eines Salzes in wäßriger Lösung viel leichter verständlich als früher. Lösen wir etwa einen Kochsalzkristall in Wasser, so bringen wir ihn in ein Medium mit großer Dielektrizitätskonstante, d. h. in ein Medium, in welchem die elektrostatischen Anziehungskräfte relativ klein sind. Die Folge wird sein, daß die Affinität der Natrium- und Chlorionen des Kristalls zu den Wassermolekülen die elektrostatischen Anziehungskräfte überwinden kann, und das Salz in seine (hydratisierten) Ionen zerfällt.

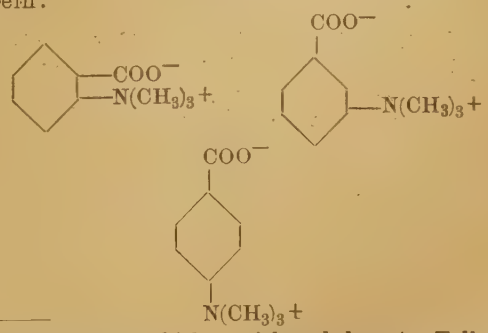
Der Aufbau der Salzkristalle, also auch der Salzmoleküle, aus Ionen gibt uns weiterhin die Möglichkeit, eine stereochemische Anomalie aus der Welt zu schaffen. Es ist bekannt, daß sich die *Betaïnbildung* um stereochemische Gesetze nicht kümmert. So leiten sich sowohl von der o-, wie auch von der m- und p-Aminobenzoësäure charakteristische Betaïne der Formel



obgleich sich doch, aus sterischen Gründen, Ringsysteme an einen Benzolkern sonst nur in o- und nicht in m- und p-Stellung anschließen[1]). Der Grund für diese Anomalie ist darin zu erblicken, daß die Betaïne als salzartige Verbindungen in Wirklichkeit die Formel



besitzen, also aus einer festen (homöopolaren) Verknüpfung eines positiven und negativen Ions bestehen. Den obigen 3 Betaïnen der aromatischen Reihe kommen mithin die Konstitutionsformeln:



[1]) R = Alkali- oder Erdalkalimetall.

[2]) Daß bei den Kohlenstoffmodifikationen Diamant und Graphit die gewöhnliche Valenzlehre ausreicht, liegt einfach daran, daß hier Valenzzahl und Koordinationszahl zusammenfallen.

[3]) Physikal. Zeitschr. *19*, 474 (1918).

[1]) Der einzige bisher sicher bekannte Fall einer m-Kondensation ist von *v. Braun* beschrieben worden; er ist sterisch durchaus verständlich; s. Ber. *53*, 98 (1920).

zu, die uns klar zeigen, daß die Betaïnbildung an sich mit einem Ringschluß gar nichts zu tun hat. Die entgegengesetzten elektrischen Ladungen werden sich natürlich anziehen; ob sich aber die betreffenden Gruppen soweit nähern, daß von einem Ringschluß gesprochen werden kann, ist einfach eine Sache der sterischen Möglichkeit. So wird sich zwar in der o-Verbindung ein Ring (mit heteropolarer Bindung) ausbilden, nicht aber beim m- und p-Isomeren; hier bleiben die Gruppen $CO—O^-$ und $N(CH_3)_3^+$ aus sterischen Gründen getrennt voneinander[1]).

Wenn uns auch nach alledem die Kristallstrukturanalyse schon manchen Dienst bei der Aufklärung chemischer Fragen geleistet hat, so glaube ich doch, daß wir erst am Anfang einer neuen Arbeitsrichtung der Chemie stehen. So läßt sich jetzt schon voraussehen, daß uns die Röntgenogramme einen definitiven Aufschluß über die Konstitutions- und Valenzverhältnisse großer Klassen anorganischer Verbindungen geben werden, die sich bisher einer strukturellen Deutung ganz entzogen haben. Ich denke hier in erster Linie an die so zahlreichen Nitride, Phosphide, Boride, Carbide, Silicide, Metallide usw. Unsere übliche Valenzlehre ist ganz auf die Wasserstoffverbindungen, Halogenide, Oxyde (Doppeloxyde) und allenfalls noch die Sulfide zugeschnitten. Bei den übrigen Verbindungen versagt sie weitgehend. Versucht man mit Hilfe der für die H-Verbindungen, Halogenide usw. geltenden Valenzzahlen der Elemente, die zahlreichen sonstigen Verbindungen erster Ordnung zu formulieren, so kommt man meist nicht zum Ziel. Was soll man z. B. mit Carbiden wie Fe_3C, Ni_3C, UC_2, W_3C_4, B_6C, mit Legierungen wie $NaHg_6$, KHg_{12} usw. valenzchemisch anfangen? Kennen wir aber erst einmal die Kristallstrukturen dieser Verbindungen, so wird es keine prinzipielle Schwierigkeit bieten, aus ihnen die gesuchten Valenzverhältnisse abzulesen, entsprechend etwa meinem Vorgehen beim Pyrit FeS_2, dessen Eisenatome sich als zweiwertig erwiesen haben[2]). Die Erfahrung muß dann zeigen, ob sich unsere gewöhnlichen Valenzzahlen der einzelnen Elemente für den ganzen Bereich der Verbindungen erster Ordnung als gültig erweisen.

Weiterhin steht zu hoffen, daß uns die Kristallstrukturanalyse dazu verhelfen wird, das große Reich der Silikate, das sich rein chemisch nur recht schwer anpacken läßt, strukturell zu erschließen, zumal durch den beachtenswerten Versuch *Jakobs*[3]), auf Grund petrographischer Gesichtspunkte bestimmte Koordinationsformeln für die Silikate zu entwerfen, die Deutung der Röntgenogramme sehr erleichtert werden kann.

Ob es mit Hilfe der Röntgenstrahlenphysik auch gelingen wird, die Kristallstrukturen der *organischen Verbindungen* in allen Einzelheiten zu enträtseln, erscheint mir, wenn wir von einfacheren Fällen absehen, recht zweifelhaft. Soviel ist aber sicher, daß bei der Kristallisation organischer Verbindungen die Einzelmoleküle ihre Sonderexistenz beibehalten[1]), sonst wäre es ja ganz unverständlich, daß die feinsten Isomerieerscheinungen beim Lösen und auch meist beim Schmelzen der Kristalle unverändert bestehen bleiben. In welcher Art und Weise sich die Moleküle der organischen Verbindungen, die ja selbst nach ganz bestimmten raumgeometrischen Prinzipien aufgebaut sind, gegenseitig zu Kristallstrukturgebilden ordnen, wird ganz von den zur Verfügung stehenden Restaffinitäten abhängen, so daß zu hoffen steht, daß das Studium der organischen Molekülverbindungen, deren Bildung ja auf der gegenseitigen Absättigung von Restaffinitäten beruht, hier fördernd eingreifen wird. Umgekehrt werden aber, wie ich vor kurzem zu zeigen versucht habe, unsere heutigen Vorstellungen über den Kristallaufbau auch wieder befruchtend auf die Erforschung und Theorie der organischen Molekülverbindungen einwirken[2]).

Daß beim Kristallaufbau organischer Verbindungen die Einzelmoleküle erhalten bleiben, bezieht sich natürlich nicht auf salzartige Stoffe, wie etwa die Alkaloïdsalze, Farbstoffsalze usw. Diese werden sich als heteropolare Verbindungen in ihrem Kristallaufbau ganz dem Kochsalz und anderen anorganischen Salzen anschließen, so daß in ihren Kristallen die organischen Radikale R in bestimmter Art und Weise von 4, 6 oder auch 8 negativen Resten X umgeben sind. Aus dieser Ansicht lassen sich wichtige Schlüsse auf die Konstitution der organischen Salze, vor allem der Farbstoffsalze ziehen[2]).

2. *Die Röntgenstrahlenphysik und das periodische System der Elemente.*

Nach dem im Jahre 1869 von *Mendelejeff* und *Lothar Meyer* aufgestellten natürlichen System der Elemente sind die Eigenschaften der Elemente periodische Funktionen der Atomgewichte. Ordnet man die Elemente nach wachsendem Atomgewicht, so findet man die wichtige Tatsache, daß die Eigenschaften aufeinanderfolgender Elemente sich gesetzmäßig abstufen und daß nach einer gewissen Zahl von Elementen chemisch ähnliche wiederkehren. Es ist daher möglich, die Elemente derart nach steigendem Atomgewicht tabellarisch zu ordnen, daß die Eigenschaften der horizontal von links nach rechts aufeinanderfolgenden Elemente sich sprungweise[3]) (aber gesetzmäßig) ändern, und daß die senkrecht untereinander

[1]) Diese Betrachtungen gelten auch für die betainartig konstituierten Farbstoffe.

[2]) Z. anorg. Ch. *97*, 161 (1916).

[3]) Helvetia chemica acta 1920.

[1]) Siehe z. B. *Pfeiffer* Ber. *49*, 2431 (1916); *Willstätter*, Z. angew. Ch. *32*, 331 (1919); vor allem aber *A. Reis* „Die chemische Deutung der Kristallstruktur", Z. f. Elektrochemie *1920*, Seite 412.

[2]) Z. anorg. u. allgem. Chem. *112*, 95 (1920).

[3]) Bezieht sich vor allem auf die Wertigkeit.

anderstehenden Elemente natürliche Familien bilden[1]).

Von den verschiedenen Mängeln des periodischen Systems seien hier nur 2 hervorgehoben.

Will man erreichen, daß jedes Element denjenigen Platz im System einnimmt, der seiner chemischen Natur entspricht, so muß man an 3 Stellen das Prinzip der Anordnung der Elemente nach der Größe des Atomgewichts durchbrechen. Ihren gesamten chemischen Eigenschaften nach gehören im periodischen System:

Argon 39,88	vor	Kalium 39,10
Kobalt 58,97	vor	Nickel 58,68
Tellur 127,5	vor	Jod 126,92

und doch haben Argon, Kobalt und Tellur ein größeres Atomgewicht als Kalium, Nickel und Jod. Die Vermutung, daß Fehler in den Atomgewichtsbestimmungen vorlägen, hat sich nicht bestätigt. Äußerst sorgfältige, von zahlreichen Forschern durchgeführte Untersuchungen haben definitiv gezeigt, daß bei diesen Elementen das periodische System versagt, wobei aber die immerhin bemerkenswerte Tatsache hervorzuheben ist, daß bei den 3 Elementenpaaren die Differenzen der jeweiligen Atomgewichtszahlen recht klein sind. Sehr schwierig gestaltet sich auch die Unterbringung der zahlreichen seltenen Erdmetalle von Lanthan (At.-Gew. 139) bis Lutetium (At.-Gew. 175) resp. Celtium (At.-Gew. > 175). Fast alle Versuche, diese Elemente, die sich in ihren Eigenschaften ganz außerordentlich nahe stehen, ins periodische System ohne Zwang einzuordnen, sind fehlgeschlagen[2]). Es ist sogar die Frage aufgeworfen worden, ob es nicht am richtigsten sei, sie an einer einzigen oder auch zwei Stellen des periodischen Systems zu vereinigen, oder sie überhaupt aus dem System zu entfernen. Über ihre Zahl war man auch bisher ganz im Unklaren.

Hier greift nun die moderne Röntgenstrahlenphysik ein und bringt die Probleme ein gutes Stück vorwärts.

Seitdem durch die grundlegenden Arbeiten von *v. Laue* und *W. H.* und *W. L. Bragg* eine Röntgenstrahlenspektroskopie besteht, wissen wir, daß die Elemente dazu angeregt werden können, etwa durch auffallende Kathodenstrahlen, ein linienförmiges Röntgenspektrum, ein sog. Hochfrequenzspektrum auszusenden (Größenordnung der Wellenlängen 0,1 μμ). Ein solches Hochfrequenzspektrum eines Elementes ist durch einige wenige charakteristische Spektrallinien ausgezeichnet, deren Lage und Schärfe ganz unabhängig davon ist, ob das betreffende Element im freien Zustand oder in Form einer chemischen Verbindung vorliegt. Z. B. zeigt Chlorkalium einfach eine Übereinanderlagerung der Röntgenspektren des Kaliums und Chlors.

Die nähere Untersuchung dieser Spektra, vor allem durch *Barkla, Moseley* und *Siegbahn* hat das wichtige Resultat ergeben, daß die charakteristischen Linien der leichteren Elemente, von Natrium bis Neodym, alle denselben Bau haben und um so kurzwelliger sind, je größer das Atomgewicht ist. Diese „K-Spektren" bestehen aus 5 Linien $K\alpha_1$, $K\alpha_2$, $K\beta_1$, $K\beta_2$ und $K\gamma$, von denen die nahe beieinander liegenden Linien $K\alpha_1$ und $K\alpha_2$ die stärksten sind. Vom Zink ab (bis zum Uran) kommt noch ein zweites Liniensystem von größeren Wellenlängen, das L-Spektrum hinzu; vom Dysprosium ab haben wir neben dem L-Spektrum das besonders langwellige M-Spektrum. *Moseley* hat nun zuerst die grundlegende Tatsache erkannt, daß ein ganz einfacher Zusammenhang besteht zwischen den Wellenlängen resp. den Schwingungszahlen[1]) der Röntgenlinien und den Zahlen, welche uns die Stellung der betr. Elemente im periodischen System angeben, den sog. *Ordnungszahlen der Elemente.* Wir erhalten diese Zahlen, indem wir die Elemente gemäß ihrer Stellung im periodischen System fortlaufend durchzählen.

Das Moseleysche Gesetz der Hochfrequenzspektren lautet: *Die Quadratwurzeln der Schwingungszahlen sind lineare Funktionen der Ordnungszahlen der Elemente.* Mathematisch ausgedrückt:

$$\sqrt{\nu} = c\,(N - a),$$

wenn wir unter ν die Schwingungszahl, unter N die Ordnungszahl und unter c und a zwei Konstanten verstehen, deren numerische Werte von der Art der Strahlung (K-, L- oder M-Strahlung) abhängen.

In diesem Gesetz dürfen wir nicht etwa die Ordnungszahlen durch die Atomgewichtszahlen ersetzen; zwischen den Schwingungszahlen und den Atomgewichtszahlen herrscht keine so einfache Beziehung.

Die Bedeutung der Moseleyschen Formel für das periodische System leuchtet ohne weiteres ein. So haben wir jetzt die Möglichkeit, die Stellung eines Elements im periodischen System, charakterisiert durch seine Ordnungszahl, dadurch eindeutig experimentell zu bestimmen, daß wir sein Röntgenspektrum aufnehmen. Auch läßt sich jetzt genau die Zahl der bis zum Uran, dem Element mit höchstem Atomgewicht, theoretisch möglichen Elemente, also auch die Zahl der noch fehlenden Elemente angeben. Da Uran nach *Moseley* die Ordnungszahl 92 besitzt, so haben wir vom Wasserstoff bis zum Uran 92 und nicht mehr Elemente[2]). Von diesen fehlen

[1]) Siehe die Elemententafel am Schlusse der Abhandlung.

[2]) Siehe aber das Wernersche Periodische System in *A. Werner:* „Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie".

[1]) Zahl der Schwingungen pro Sekunde = Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Strahlung dividiert durch die Wellenlänge.

[2]) Auf die isotopen Elemente soll hier nicht eingegangen werden.

nur noch wenige: Die Elemente mit den Ordnungszahlen 43 und 75 (Angehörige der Mangan-familie), ein Halogen mit der Ordnungszahl 85, ein Alkalimetall mit der Ordnungszahl 87 und zwei seltene Erdmetalle mit den Zahlen 61 und 72, von denen das letztere vielleicht in dem Celtium von *Urbain* vorliegt.

Weiterhin wissen wir heute, daß, entsprechend der Wernerschen Form des periodischen Systems, die seltenen Erdmetalle aufeinanderfolgende Glieder der großen Cäsiumperiode sind und nicht etwa aus dem System ganz herausfallen. Die Untersuchung der Röntgenspektra der seltenen Erdmetalle ergab unzweifelhaft, daß Cer die Ordnungszahl 58, Tantal die Ordnungszahl 73 besitzt, und daß sich zwischen ihnen die seltenen Erdmetalle, Atomgewichte 140,6 bis 175,0 mit den Zahlen 59—71 einordnen[1]). Die Zahl der theoretisch möglichen seltenen Erdmetalle ist also jetzt genau bekannt.

Eindeutig festgelegt ist jetzt auch die gegenseitige Stellung der Elemente Kobalt und Nickel, Tellur und Jod, die den Chemikern, wie wir oben sahen, so viel Kopfzerbrechen verursacht hat. Nehmen wir als Beispiel das Elementenpaar Kobalt und Nickel mit den Atomgewichten 58,97 und 58,68. Den chemischen Eigenschaften nach müssen wir, entgegen der relativen Größe der Atomgewichte, Kobalt vor Nickel setzen (siehe weiter oben). Die Messung der Wellenlängen der Strahlen $K\alpha_1$ ergab für Kobalt den Wert 0,1781 μμ, für Nickel den Wert 0,1653 μμ, so daß die Quadratwurzeln der entsprechenden Schwingungszahlen 12,98 und $13{,}47 \times 10^8$ sind[2]). Daraus folgt aber einwandfrei, daß Nickel, trotz des kleineren Atomgewichts, eine höhere Ordnungszahl als Kobalt hat, ganz in Übereinstimmung mit der üblichen Anordnung der beiden Elemente im periodischen System.

Entsprechend läßt sich auch zeigen, daß Jod eine um eine Einheit höhere Ordnungszahl als Tellur hat, trotzdem sein Atomgewicht das kleinere ist. Auch hier stimmt die Reihenfolge der Ordnungszahlen überein mit der gegenseitigen Stellung, die wir den beiden Elementen ihrem chemischen Charakter nach im periodischen System geben müssen.

Diese Tatsachen lassen aufs schönste erkennen, daß nicht das Atomgewicht, sondern die nach dem Gesetz von *Moseley* experimentell bestimmbare Ordnungszahl maßgebend für den chemischen Charakter und die Stellung des betreffenden Elementes im periodischen System ist.

Was ist aber der innere Grund für die maßgebende Rolle, die der Ordnungszahl zukommt? Um hier klar zu sehen, müssen wir noch kurz auf die Rutherford-Bohrsche Atomtheorie eingehen. Nach *Rutherford* und *Bohr* stellen die Atome winzige Planetensysteme dar, in denen ein elektropositiver Zentralkern von einer größeren oder geringeren Zahl von negativen Elektronen umkreist wird, wobei die Zahl dieser Elektronen für ein gegebenes Element gleich der Ordnungszahl desselben ist. Da nun die chemischen Eigenschaften der Elemente auf die *Zahl* und gegenseitige Gruppierung der kreisenden Elektronen zurückgeführt werden müssen, so ist damit die Bedeutung der Ordnungszahl für den Chemismus der Atome auf einfache Weise erklärt.

Die Tatsache, daß der chemische Charakter der Elemente eine *periodische* Funktion der Ordnungszahl ist, wird heute so gedeutet, daß die Elektronen in gesetzmäßiger Art und Weise auf einzelne Kugelschalen verteilt sind, daß für jede neue, mit einem Alkalimetall beginnende Periode eine neue Kugelschale „angelegt" wird, und daß bei der Wirkung der Atome aufeinander in erster Linie die Elektronen der äußersten Schale in Betracht kommen.

Daß mit ganz wenigen Ausnahmen mit wachsender Ordnungszahl eines Elements sein Atomgewicht steigt, liegt daran, daß der Atomkern, der ja fast die ganze Masse des Atoms in sich faßt, mit wachsender Zahl der Elektronen des Elektronenkranzes seine freie positive Ladung, die sich aus positiven und negativen Einheiten zusammensetzt, erhöhen muß, damit das Atom nach außen hin elektroneutral bleibt; diese Erhöhung der positiven Ladung geschieht aber im allgemeinen durch Einbau positiver Massenteilchen, etwa eines Wasserstoff- oder Heliumatomkerns[1]). Die schon mehrfach erwähnten Anomalien des periodischen Systems, die sich auf die relativen Atomgewichtszahlen von Argon und Kalium, Kobald und Nickel, Tellur und Jod beziehen, werden voraussichtlich ihre Erklärung darin finden, daß die betreffenden Elemente (wie wohl die meisten) aus Gemischen von Isotopen bestehen. Die neuesten Versuche von *Aston*[2]) über die Massenspektren der Elemente werden sicherlich bald zu einer Lösung dieses Problems führen.

Den Abschluß unserer Betrachtungen über den Einfluß der Röntgenstrahlenphysik auf die Chemie möge die Mitteilung einer modernen Fassung des periodischen Systems der Elemente unter Einfügung der Atomgewichts- und Ordnungszahlen bilden (verbessertes Wernersches System). Zu seiner Kennzeichnung sei kurz folgendes angegeben: Wir haben zunächst eine kleinste Periode (Vorperiode), bestehend aus nur zwei Elementen Wasserstoff und Helium; dann folgen zwei kleine Perioden (Li- und Na-Periode) von je acht Elementen und zwei große Perioden (K- und Rb-Periode) aus je 18 Elementen; nun kommt eine extrem große Periode (Cs-Periode), die 32 Elemente umfaßt, und eine Schlußperiode

[1]) Wahrscheinlich hat Celtium die Ordnungszahl 72.

[2]) Diese Zahlen, wie auch einige sonstige Angaben dieses Abschnitts, sind der ausgezeichneten „Atomtheorie" von *Leo Graetz* entnommen.

[1]) Es kann auch aus dem Atomkern ein negatives Elektron abgegeben werden.

[2]) Nature *105*, 547 (1920).

Periodisches System der Elemente.

1 H 1,008																	**2** He 4,00
3 Li 6,94											**4** Be 9,1	**5** B 11,0	**6** C 12,00	**7** N 14,01	**8** O 16,00	**9** F 19,0	**10** Ne 20,2
11 Na 23,00											**12** Mg 24,32	**13** Al 27,1	**14** Si 28.3	**15** P 31,04	**16** S 32,06	**17** Cl 35,46	**18** Ar 39,88
19 K 39,10	**20** Ca 40,07	**21** Sc 44,1	**22** Ti 48,1	**23** V 51,0	**24** Cr 52,0	**25** Mn 54,93	**26** Fe 55,84	**27** Co 58,97	**28** Ni 58,68	**29** Cu 63,57	**30** Zn 65,37	**31** Ga 69,9	**32** Ge 72,5	**33** As 74,96	**34** Se 79,2	**35** Br 79,92	**36** Kr 82,92
37 Rb 85,45	**38** Sr 87 63	**39** Y 88,7	**40** Zr 90,6	**41** Nb 93,5	**42** Mo 96,0	**43** —	**44** Ru 101,7	**45** Rh 102,9	**46** Pd 106,7	**47** Ag 107,88	**48** Cd 112,4	**49** In 114,8	**50** Sn 118,7	**51** Sb 120,2	**52** Te 127,5	**53** J 126,92	**54** Xe 130,2
55 Cs 132,81	**56** Ba 137,37	**57** La 139,0	**58** Ce 140,25	**73** Ta 181,5	**74** W 184,0	**75** —	**76** Os 190,9	**77** Ir 193,1	**78** Pt 195,2	**79** Au 197,2	**80** Hg 200,6	**81** Tl 204,0	**82** Pb 207,20	**83** Bi 208,0	**84** Po (210,0)	**85** —	**86** Nt 222,0
87 —	**88** Ra 226,0	**89** Ac (226)	**90** Th 232,15	**91** Pa (230)	**92** U 238,2												

59 Pr 140,9	**60** Nd 144,3	**61** —	**62** Sm 150,4	**63** Eu 152,0	**64** Gd 157,3	**65** Tb 159,2	**66** Dy 162,5	**67** Ho 163,5	**68** Er 167,7	**69** Tu 168,5	**70** Yb 173,5	**71** Lu 175,5	**72** Ct ?

(Ra-Periode), aus der bisher nur einzelne Elemente bekannt sind, so daß wir über ihre Länge noch nichts aussagen können. Die Zahl der Elemente der einzelnen Perioden läßt sich mit Hilfe der Formel $Z = 2\ n^2$ berechnen, in der n die Reihe der ganzen Zahlen von 1—4 bedeutet[1]).

Die große Cäsiumperiode umfaßt auch die seltenen Erdmetalle, von denen die zwischen Cer und Tantal stehenden (Ordnungszahlen 59 bis 72) nur deshalb ausgesondert und abseits geschrieben worden sind, um die Übersichtlichkeit des Systems, das sonst allzu sehr in die Breite wachsen würde, zu erleichtern. Dieses Vorgehen ist deshalb nicht weiter störend, weil die seltenen Erdmetalle von Neodym bis Celtium weder in der Kalium- und Rubidium-, noch in der Radiumreihe Verwandte haben. Ebenso wenig wie sich zwischen Zirkon und Niob seltene Erdmetalle oder verwandte Elemente befinden, existieren solche zwischen Thorium und Protaktinium; die zugehörigen Ordnungszahlen zeigen das ganz scharf.

[1]) *Rydberg*, Lunds Universitets Arsskrift. N. F. Afd. 2, 9, No. 18. J. de Chim. Phys. *12*, 585 (1914).

Das hier nach dem Vorgang von *Werner* durchgeführte Prinzip, die einzelnen Perioden mit den Alkalimetallen, und nicht, wie meist noch üblich, mit den Edelgasen beginnen zu lassen, bietet den großen Vorteil, daß die Anlage einer neuen Elektronenschale jedesmal mit dem Periodenanfang zusammenfällt.

Die in gewissen Eigenschaften der Elemente der großen Perioden zutage tretende doppelte Periodizität durch eine Ineinanderschachtelung der Reihen, Bildung von Haupt- und Nebengruppen, zu veranschaulichen, halte ich schon aus didaktischen Gründen, der geringen Übersichtlichkeit wegen, nicht für zweckmäßig. Man sollte sich darauf beschränken, nur die wesentlichsten Eigenschaften der Elemente im System zum Ausdruck zu bringen, und auf die Darstellung von Parallelen, die sich oft nur in einer einzigen Verbindungsstufe zeigen (siehe Mangan und die Halogene), verzichten[1]).

[1]) Die hier angegebene Fassung des periodischen Systems benutze ich seit mehreren Jahren bei meinen Vorlesungen über anorganische Chemie; sie hat sich sehr gut bewährt.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner,* Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 51. (Seite 993—1012) **17. Dezember 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Laufzeiten von Erdbebenwellen. Von *C. Mainka, Berlin-Potsdam.* (Mit 3 Abbildungen.) S. 993.

Über die teleologische und kausale Deutung der Jahresringbildung des Stammes. Von *Hans André, Kaiserslautern.* S. 998.

Besprechungen:

Lange, Otto, Die Zwischenprodukte der Teerfarbenfabrikation. Von *P. Friedlaender, Darmstadt.* S. 1006.

Rohr, M. v., Die binokularen Instrumente nach Quellen bis zum Ausgang von 1910. Von *W. Merté, Jena.* S. 1007.

Zuschriften an die Herausgeber:

Inwiefern läßt sich die moderne Gravitationstheorie ohne die Relativität begründen? Von *Ernst Reichenbächer, Wilhelmshaven.* S. 1008.

Antwort auf vorstehende Betrachtung. Von *A. Einstein, Berlin.* S. 1010.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 1011—1012.

Der diesjährige Nobelpreis für Medizin.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig

Einführung in die Vererbungs-Wissenschaft

In 20 Vorlesungen für Studierende, Ärzte, Züchter

von Prof. Dr. **Richard Goldschmidt**
Mitgl. des Kaiser-Wilhelm-Instituts f. Biologie Berlin-Dahlem

Dritte neubearbeitete Auflage

Mit 178 Abbildungen. XII und 519 Seiten. Gr. 8

Geheftet M. 44.—; in Ganzleinen gebunden M. 56.—

Aus den Besprechungen:

. . . Dieses Buch ist die erste das Gebiet wirklich umspannende Gesamtdarstellung der experimentellen Vererbungslehre, die auch demjenigen Fachbiologen, dem die Vererbungsfragen bisher ferner gelegen haben, einen zuverlässigen Führer bietet, der ihn bei aller Selbständigkeit des Urteils in keiner Weise bevormundet, und die selbst demjenigen, der sich seit Jahren eingehend mit diesen Fragen beschäftigt hat, Neues und Anregendes zu sagen hat.

Richard Semon (Biologisches Centralblatt).

Das menschliche Gehirn

nach seinem Aufbau und seinen wesentlichen Leistungen

Gemeinverständlich dargestellt von
Dr. phil. et med. **R. A. Pfeifer**

Dritte, erweiterte Auflage

Mit 95 Abbildungen im Text. VIII u. 123 Seiten. Lex.-8

Kartoniert M. 12.—

Aus den Besprechungen:

Diese monographische Darstellung des Gehirns ist eine ganz vorzügliche Leistung. *Pädagog. Jahresbericht.*

Vorlesungen über Histologie u. Histogenese

nebst Bemerkungen über Histotechnik und das Mikroskop

von Dr. univ. med. **Josef Schaffer**
o. ö. Professor der Histologie an der Universität in Wien

Mit 589 zum Teil farbigen Abbildungen im Text und auf 12 lithographierten Tafeln. VIII u. 528 Seiten. Gr. 8

Geheftet M. 28.—; in Ganzleinen gebunden M. 34.—

Aus den Besprechungen:

. . . Das Werk erscheint als reifes Erzeugnis eines die Materie vollständig beherrschenden Gelehrten. . . .

Schweizerische Rundschau für Medizin.

Gehirn u. Rückenmark

Leitfaden für das Studium der Morphologie und des Faserverlaufs

von Dr. med. **Emil Villiger**
Professor e. o. an der Universität Basel

Fünfte bis siebente Auflage. Mit 262 zum Teil farbigen Abbildungen im Text. VII und 328 Seiten. Lex.-8

I. Teil: **Morphologie.** II. Teil: **Faserverlauf.** III. Teil: **Faserverlauf durch den Hirnstamm, nach Schnittserienpräparaten**

In Ganzleinen gebunden M. 26.—

Aus den Besprechungen:

. . . Der Text der beiden ersten Teile ist kurz und übersichtlich, wie es für einen Leitfaden erwünscht ist, vielfache physiologische und pathologische, auch historische Hinweise wirken anregend auf das Studium, die Figuren sind schön und zahlreich. Der Preis ist im Verhältnis zur geleisteten Arbeit des Autors und Verlegers sehr niedrig. So kann man das Buch als einen ausgezeichneten Leitfaden zum Studium von Hirn und Rückenmark nur aufs wärmste empfehlen. *Berliner klinische Wochenschrift.*

Auf vorstehende Preise z. Zt. 50% Verleger-Teuerungszuschlag (229)

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztewelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.
Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G.m.b.H. & Cie., CÖLN a. Rh.

IV

Von der 2. Auflage von
Chwolson, Lehrbuch der Physik
liegt fertig vor: Band I
Abt. I: **Mechanik und Meßmethoden**
Gebunden 14.40 Mk.
Abt. II: **Lehre von den gasförmigen, flüssigen u. festen Körpern**
Gebunden 16 Mk.
Hermann Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75 (225)

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope
Gg. Leisegang Berlin
Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche
Schloßplatz 4 (Abtlg. gebr. Gegenst.)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

NATURWISSENSCHAFTLICHE MONOGRAPHIEN UND LEHRBÜCHER

Herausgegeben von den Herausgebern der „Naturwissenschaften"

Dritter Band:

Die Relativitätstheorie Einsteins
und ihre physikalischen Grundlagen

Gemeinverständlich dargestellt von
Max Born

Mit 129 Textabbildungen und einem Porträt Einsteins. 1920.

Preis M. 34.—; gebunden M. 42.—

Vorzugspreis für Abonnenten der „Naturwissenschaften" M. 30.—; gebunden M. 38.—

Hierzu Sortimentszuschlag

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. **17. Dezember 1920.** **Heft 51.**

Laufzeiten von Erdbebenwellen.

Von C. Mainka, Berlin-Potsdam.

Wie aus den Tageszeitungen bekanntgeworden ist, hat am 7. September 1920, morgens 6 Uhr 56 Min. in der Gegend von Fivizzano, zwischen dem westlichen Fuße des Apuanischen Gebirges und der Riv. di Levante, ein stärkeres Erdbeben stattgefunden[1]).

In Italien, das an Erdbeben nicht arm ist, ist ein intensiver Erdbebenbeobachtungsdienst organisiert, dessen Zentralstelle das geodynamische Institut in Rom ist. Selbstverständlich sind auch eine Reihe von Beobachtungswarten vorhanden, die mit empfindlichen, automatisch ununterbrochen arbeitenden Apparaten besetzt sind, die Zeit und Stärke der Bodenbewegung, veranlaßt durch ein Erdbeben, aufzeichnen. Gleichzeitig sieht die Organisation auch lokale Beobachter vor, deren Aufgabe es ist, unmittelbare Beobachtungen, Zerstörungen und Schäden im eigentlichen Bebengebiet zu sammeln. Liegen all diese Beobachtungen zusammengetragen vor, dann wird, unterstützt durch geologische Aufnahmen, der Seismologe sich eine Ansicht über die Entstehungsursache des Bebens bilden können.

Es gibt bekanntlich tektonische (Verwerfungs-, Dislokationsbeben), Einsturz- und vulkanische Beben. Da der Übergang namentlich bei den ersten beiden Hauptgruppen nicht scharf ist, gibt es noch weitere Unterabteilungen. Das oben genannte Beben scheint nach den bisherigen Nachrichten in die erste Hauptgruppe oder in eine Untergruppe zu gehören, die einen Übergang zwischen der ersten und der zweiten Hauptgruppe vermittelt.

Oft gelingt es mit Hilfe der instrumentellen Aufzeichnung an einem mehrere 100, ja 1000 km vom Bebengebiet entfernten Beobachtungsort (Erdbebenwarte) die Lage des heimgesuchten Gebietes sofort festzustellen, ja sogar oft auch dann, wenn das Instrument noch von den vor sich gehenden Bodenbewegungen beeinflußt, die Aufzeichnung mit Hilfe der Schreibnadel oder des Lichtpunktes ausführt. Der Verfasser hatte zu solchen Beobachtungen oft Gelegenheit in der Erdbebenwarte in Straßburg i. Els. Die Erfahrung zeigt, daß einige Erdbebengebiete für den betreffenden Beobachtungsort eine charakteristische Art der Niederschrift haben, sie haben ihre ihnen eigentümliche Visitenkarte.

[1]) Nach frdl. Mitt. von Dr. *Tams* in Hamburg sind die Koordinaten des Epizentrums: nördl. Br.: 44° 14′, östl. L. v. Gr.: 10° 7′.

Die Art der Entstehung des Bebens an Ort und Stelle, seine Stärke, die geologische Beschaffenheit der näheren Umgebung des erschütterten Gebietes, der geologische Aufbau des Weges, den die vom Erdbeben hervorgerufenen elastischen Wellen einschlagen müssen, um nach dem Standpunkt des Empfangsapparates der Erdbebenwellen zu gelangen, der geologische Untergrund der Erdwarte bedingen das äußerliche Bild der Aufzeichnung, ganz abgesehen von dem Einfluß der Entfernung, der sich zahlenmäßig feststellen läßt. Mit Hilfe des zuletzt genannten Einflusses ist es sogar möglich, die Zeit des Bebenstoßes im Bebengebiet zu bestimmen, nicht nur mit Minutengenauigkeit, sondern oft auf Bruchteile von Minuten genau.

Hat im Innern der Erde, der Oberfläche näher als dem Erdmittelpunkt, ein Beben, eine Gleichgewichtsstörung stattgefunden, so strahlen von hier elastische, seismische Wellen nach allen Richtungen aus. Ob dies nach jeder Richtung mit gleicher Energie geschieht, hängt u. a. von der Beschaffenheit des Materiales ab. In der Seismik wird trotzdem gleichmäßige Ausbreitung nach allen Richtungen angenommen. Mit der Entfernung nimmt die Energie der seismischen Wellen, wie die Erfahrung zeigt, ab.

Der Ort der Störung im Erdinnern heißt in der Erdbebenkunde „Herd“. Seine räumliche Gestaltung hängt mit der Entstehung des Bebens, mit der Beschaffenheit des Störungsgebietes und dessen Umgebung in geologischer Hinsicht ab. Bei den seismischen Rechnungen wird als Ausgang ein Punkt, sozusagen der Schwerpunkt der Störungsquelle, des Herdes, angenommen; es wird dieser Punkt auch „Hypozentrum“ genannt.

Bisher ist es noch nicht gelungen, mit einiger Sicherheit die Tiefen, in der stärkere Erdbeben stattgefunden haben, anzugeben. Die verschiedenen hier in Anwendung kommenden Methoden machen Annahmen, die mehr oder weniger zutreffend sind. Der Größenordnung nach handelt es sich um Tiefen von 10 bis 100 km. Bei einigen schwächeren Beben, z. B. bei manchen Schweizerbeben, mag die „Herdtiefe“ 3—10 km betragen.

Es liegt nahe anzunehmen, daß das Gebiet der Erdoberfläche, das dem Herd am nächsten liegt, also im Schnittpunkt der Linie Erdmittelpunkt—Herd mit der Erdoberfläche am stärksten von den ausgelösten Erschütterungen betroffen wird. Ein solches Gebiet, in dem wir das Beben unmittelbar wahrnehmen, heißt „Epizentrum“. In der Figur 1 ist *C* der Erdmittelpunkt,

H der Herd (Hypozentrum), E das Epizentrum, $HE = h$ ist die Herdtiefe. Die in E unmittelbar, d. h. ohne Mitwirkung besonderer Instrumente gemachten Beobachtungen werden „makroseismische" Beobachtungen genannt, und ihnen liegen vor allem die durch das Beben verursachten Zerstörungen, z. B. an Gebäuden, zugrunde. Die eingehende Untersuchung derartiger Feststellungen hat oft ergeben, daß das Epizentrum nicht senkrecht über dem Hypozentrum

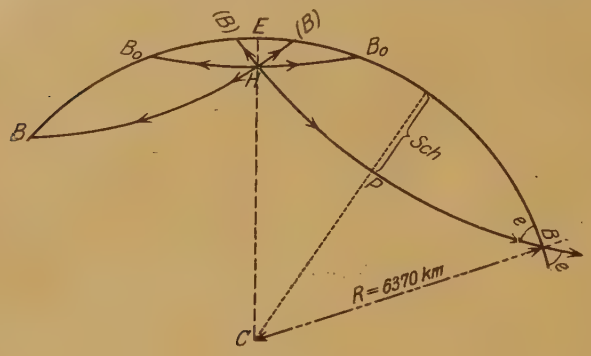


Fig 1.

zu liegen braucht. Als Ursache für diese Abweichung ist die geologische Beschaffenheit der Erdkruste anzusehen. Die *makroseismischen* Beobachtungen sind mit großer Vorsicht zu bearbeiten, da bei den Beschädigungen von Bauwerken nicht nur der frühere Zustand derselben, sondern auch die Art des Untergrundes mitspricht. Es wäre vorteilhaft, wenn diese subjektiven Beobachtungen durch *instrumentelle* ersetzt würden, indem im Epizentrum geeignete Instrumente aufgestellt wären. Aber auch dann würde der Einfluß des Untergrundes nicht verschwinden; man könnte an eine zu versuchende Reduktion der Beobachtungen auf einen Normaluntergrund denken.

Mit Hilfe dieser Apparate würde die Stärke der Bebenerschütterung an dem betreffenden Punkt im epizentralen Gebiet festgestellt werden. Verschiedentlich sind in dieser Richtung bereits Versuche angestellt worden. Den Seismologen sind diejenigen Gebiete bekannt, die zeitweilig von Beben heimgesucht werden. Die Festlegung des Epizentrums mit Hilfe möglichst genauer Beobachtungen ist für weitere Berechnungen von großer Wichtigkeit.

Auch durch Beobachtungen der Uhrzeiten, an denen das Beben in den verschiedenen Punkten des Epizentrums gefühlt worden ist, kann die Lage des Mittelpunktes des epizentralen Gebietes festgestellt werden. Wird auf dem makroseismischen Weg der Mittelpunkt, Schwerpunkt, des am stärksten erschütterten Gebietes erkundet, so handelt es sich bei der instrumentellen Methode um den Punkt, der vom Beben zuerst betroffen worden ist. Beide so gefundenen Punkte brauchen nicht zusammenzufallen. Vorausgesetzt ist natürlich, daß die zeitlichen Beobachtungen mit möglichster Genauigkeit angestellt werden; auch hierbei können besondere Apparate, abgesehen von der Taschenuhr, in Frage kommen.

Werden die Punkte, an denen die gleiche Bebenstärke festgestellt worden ist, durch einen Kurvenzug verbunden, so ergibt sich eine Isoseiste; Isochrone ist eine Kurve, die die Beobachtungspunkte mit gleichen Bebenzeiten verbindet. Diese Kurven werden meist nicht zusammenfallen. Die Einteilung der Bebenstärken geschieht meist an der Hand der zehnteiligen Skala nach *Rossi-Forel*. Die ersten beiden Stufen umfassen Bewegungen, die vorwiegend nur von passend aufgestellten Apparaten aufgezeichnet werden. Die zur dritten Stufe gehörigen Stöße sind stark genug, um von Personen wahrgenommen zu werden. Erschütterungen von Fenstern, Türen, und Krachen in den Häusern sind Merkmale der 4. Stufe. Werden größere Gegenstände, wie Bettstellen, in Bewegung gesetzt, schlagen Hausglocken an, so haben wir es mit der 5. Stufe zu tun. Die Kennzeichen der weiteren Stufen sind: 6. Erwachen der Einwohner; Schwingen von Kronleuchtern, Stillstehen von Pendeluhren, Schwanken von Bäumen. 7. Bewegliche Gegenstände fallen um, Gips und Verputz fallen von Wänden und Decken ab, Kirchenglocken schlagen an. 8. Schornsteine stürzen ein, Mauern erhalten Risse. 9. Gebäude werden teilweise oder ganz zerstört. 10. Zerstörung von Gebäuden, Spalten in der Erde, Erdrutsche.

In größeren Entfernungen $EB = D$ (im größten Kreise gemessen) vom Epizentrum werden schließlich Bodenbewegungen nur mit Hilfe von Apparaten festgestellt, auch wenn das Beben im Mittelpunkt E des Schüttergebietes ein zerstörendes gewesen ist. Diese *Seismographen* sind so gebaut, daß neben der Größe solcher Bewegungen auch der Zeitpunkt T_B des Eintreffens der seismischen Wellen am Beobachtungsort B registriert wird. Ist T_E die Eintrittszeit des Bebens in E, so ist $T_B - T_E$ die Laufzeit der seismischen Welle, die naturgemäß mit der Epizentralentfernung D wächst.

Die Aufzeichnung eines Seismographen am Ort B, das Seismogramm, zeigt aber nicht einen plötzlichen, bald wieder verschwindenden Ruck an, sondern es schließen sich dem ersten mehr oder weniger deutlichen Zeichen des Eintreffens der elastischen Wellen weitere wellenförmige oder zackenartige Aufzeichnungen an. Derartige Fortsetzungen des ersten Einsatzes der Erdbebenwellen treten auch auf bei solchen Seismographen, die eine Dämpfungsvorrichtung zur Unterdrückung der Eigenbewegung des Seismographen haben. Es treffen also in B nach der ersten Welle noch weitere ein, und erst allmählich, oft nach drei und mehr Stunden, erlischt das Seismogramm, ein Zeichen, daß der Boden in B nicht mehr von seismischen Wellen durchzogen wird.

Es hat sich bald herausgestellt, daß die Bodenteilchen bei dem Durchgang der zuerst in B eintreffenden Welle in der Fortschreitungsrichtung

dieser hin und her schwingen. Für solche Wellen benutzt die Seismik den Namen „longitudinale Wellen". Der Physiker kennt sie auch unter dem Namen „Kondensations-, Dilatations-, Verdünnungswellen".

Im Verlauf des Seismogrammes macht sich einige Zeit nach dem ersten Einsatz, der mit P bezeichnet sein möge, ein zweiter auffallender Einsatz bemerkbar, er heiße S. Aus der Bearbeitung von Seismogrammen, die zu verschiedenen Orten B mit verschiedenen Entfernungen D gehörten, ergab sich bald, daß der zeitliche Unterschied $S - P$ mit D veränderlich ist, und zwar mit zunehmendem D wächst. Werden die Zeitdifferenzen $S - P$ auf den Seismogrammen in Minuten und Sekunden abgelesen und diese

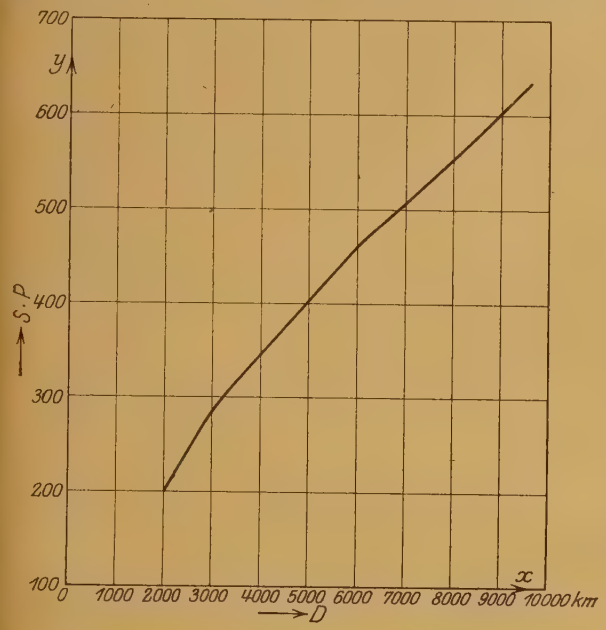


Fig. 2.

Daten als Ordinaten eines rechtwinkligen Achsenkreuzes aufgetragen, die Entfernungen D in Kilometern im größten Kreise gemessen als Abszissen, so ergibt sich als Verbindungskurve der verschiedenen Schnittpunkte der $S - P$- mit den D-Daten die Laufzeitkurve der $S - P$. Wie ersichtlich ist, ist für die Darstellung einer solchen Kurve die Epizentralzeit T_E nicht nötig, nur der Ort des Epizentrums muß aus den makroseismischen Beobachtungen bekannt sein.

Ist in der Fig. 2 OY die Achse für die $S - P$-Werte, OX die für die D-Werte, so gibt die $S - P$-Kurve einen ungefähren Anhalt für den Verlauf dieser. Ist eine derartige Kurve mit Hilfe der Aufzeichnungen mehrerer Beben an einer größeren Anzahl von Erdbebenwarten B hergestellt, so ist es für den Beobachter an einem bestimmten Ort B_i leicht, die Entfernung $E - B_i = D_i$ zu bestimmen. Er braucht nur an seinem Seismogramm die Zeitdifferenz $S - P$ abzulesen und mit ihr aus der Laufkurve der Fig. 2 die zugehörige Epizentralentferung D_i abzugreifen. Dies ist gewöhnlich die erste Arbeit des Beobachters. Hat er auch eine Laufzeitkurve für die longitudinalen Wellen, die den $P - T_L$-Unterschieden entsprechen, zur Hand, so ist es ein leichtes, auch die Zeit des Bebenstoßes im Epizentrum E anzugeben, ohne daß Nachrichten über die Eintrittszeit T_E des Bebens an Ort und Stelle bekannt sind[1]).

Aus der $S - P$-Kurve ist die Entfernung D, wie oben gezeigt, bekannt geworden. Mit Hilfe der Entfernung D ergibt sich aus der $P - T_E$-Kurve die Laufzeit der longitudinalen Wellen für die Epizentralentfernung D. Wird diese Zeit $P - T_E$ von der Eintrittszeit P der longitudinalen Wellen im Seismogramm der Erdbebenwarte B abgezogen, so wird die Epizentralzeit T_E bekannt. Statt der Kurven können auch Laufzeittafeln hergestellt werden (vgl. den Schluß).

Sehr einfach läßt sich für eine Erdbebenwarte B die Entfernung des Epizentrums $EB = D$ mit Hilfe einer in der Seismik bekannten empirischen Formel feststellen. Wird $S - P$ in Minuten und deren Bruchteilen ausgedrückt, so gibt nach *Laska:* $(S-P)^{\min} - 1 = D$ in Einheiten von 1000 Kilometer. Durch Vergleiche der aus dieser Faustregel hervorgehenden Ergebnisse mit den graphischen oder tabellarischen Darstellungen von $S - P$ haben sich für obige Formel Korrekturen ergeben. Wird in dem folgenden Täfelchen die Epizentralentfernung nach der Laskaschen Formel mit (D) bezeichnet, so sind die unter Korr. angegebenen Zahlen in Einheiten von Megametern (1000 km = 1 Megameter), die an die (D) noch anzubringenden Verbesserungen, um die richtigen D-Werte zu erhalten. Die Tabelle ist von *R. Schneider* in Wien aufgestellt.

(D)	Korr.	(D)	Korr.	(D)	Korr.	(D)	Korr.
1	+0,13	4	−0,75	6	−0,70	9	−0,18
2	−0,23	4,5	−0,80	7	−0,55	10	+0,12
3	−0,55	5	−0,79	8	−0,45	11	+0,47
						12	+1,10

Beispiel: $P = 7^h 5^m 41^s$; $S = 7^h 13^m 41^s$; $S - P = 8{,}0$ min; $(S-P) - 1 = 7{,}0$ $M = 7000$ km $= (D)$; nach oben Korr.: $0{,}55M$, also $D = 6450$ km[2]).

Die Welle, die den zweiten auffallenden Einsatz S verursacht, gehört dem transversalen Typus an; beim Durchgang einer solchen Welle schwingen die Erdteilchen quer zur Fortschreitungsrichtung der Welle. Ist für eine Anzahl von Beben die Epizentralzeit T_E und die Zeiten der Einsätze S einer Reihe von Beobachtungsorten B aus den Seismogrammen $= T_S$ bekannt, so läßt sich auch für $T_S - T_E$ oder $S - T_E$ eine Laufzeitkurve herstellen, die gleichfalls von der geraden Linie abweicht. Auch mit Hilfe des

[1]) $S - P$ in Fig. 2 in sec.

[2]) P u. S in Ottawa (Canada) aufgenommen.

Einsatzes S läßt sich, ähnlich wie oben, die Epizentralzeit T_E feststellen.

Auch nach dem zweiten Einsatz treten weitere Wellen auf, die nach einigen Minuten von regelmäßigen, sinusartigen Wellenaufzeichnungen abgelöst werden, es beginnen die langperiodischen Wellen. Die Zeit L des Eintreffens dieser ist im Seismogramm nicht immer genau anzugeben, man kann hier nur Minutengenauigkeit verlangen, während man in den Fällen der Feststellung der P- und S-Einsätze meist mit Sekundengenauigkeit rechnet.

Auch für die $L-T_E$-Zeiten läßt sich wie oben eine Laufkurve herstellen, die aber geradlinig verläuft.

Außer den genannten Einsätzen P, S und L finden sich meist in den Seismogrammen, wofern der Apparat einwandfrei aufgestellt ist, noch weitere auffallende Einsätze, so z. B. bald nach P und S. Genau genommen läßt sich für jede einzelne Welle, die in den verschiedenen Seismogrammen der Erdbebenwarten sich wiederfindet, eine Laufkurve aufstellen.

Auf den ersten Blick hat eine Laufzeitkurve der P- und S-Einsätze eine parabelähnliche Gestalt, konkav in bezug auf die D-Achse, die Abszisse. Es darf nicht verschwiegen werden, daß auch die Sicherheit des Einsetzens der longitudinalen und transversalen Wellen nicht immer über jeden Zweifel erhaben ist. Sehr oft tritt statt des scharfen Einsatzes ein allmähliches Auftauchen auf, so daß die Genauigkeit sich nur auf einige Sekunden erstreckt. Für eine einwandfreie Laufzeitkurve sind sichere Einsätze und genaue Kenntnis des Epizentrums E und der Zeit T_E nötig, die beide aus unmittelbaren Beobachtungen abgeleitet sein müssen. Derartige unmittelbar auf ursprüngliche Beobachtungen fußende Laufkurven könnten „absolute" Laufzeitkurven genannt werden. „Relative" Laufzeitkurven könnten diejenigen Laufkurven genannt werden, deren zeitliche Daten P, S bzw. L wohl den Seismogrammen unmittelbar entnommen sind, wo aber die Ermittlung des Epizentrums und der Epizentralzeit doch mit Hilfe bereits vorhandener Laufkurven geschieht, die neuen abzuleitenden Laufzeitkurven also im System der früheren liegen.

Es ist oben bereits darauf hingewiesen worden, daß außer P, S und L meist noch weitere hervortretende Einsätze in einem Seismogramm vorhanden sind. Die zu den Einsätzen P, S, L gehörigen Wellen bzw. die auf ihnen senkrecht stehenden Erdbebenstrahlen gelangen auf direk-

Tabelle 1.

D	Laufzeiten der P-Wellen				Laufzeiten der S-Wellen		Scheiteltiefe		Emergenzwinkel	
							P	S	P	S
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
km	sec	sec	sec	sec	sec	sec	km	km	°	°
2 000	257	259	252	263	460	470	330	330	37	37
2 500	310	313	307	315	555	560	487	487	44	44
3 000	358	356	357	363	641	643	654	654	49	49
3 500	402	401	400	405	719	718	825	831	53	54
4 000	442	442	438	445	789	790	996	1016	57	57
4 500	478	481	474	483	854	860	1183	1204	60	61
5 000	512	514	508	518	913	925	1374	1310	63	62
5 500	542	549	540	552	971	990	1520	1345	65	63
6 000	572	575	571	585	1028	1053	1535	1397	65	63
6 500	601	602	600	618	1084	1112	1575	1455	65	63
7 000	631	631	628	650	1140	1168	1629	1516	65	64
7 500	660	660	655	680	1194	1222	1709	1600	66	64
8 000	688	686	681	710	1249	1275	1790	1695	66	65
8 500	716	713	707	738	1301	1328	1885	1800	67	65
9 000	743	739	733	763	1354	1380	2006	1925	67	66
9 500	769	768	758	788	1404	1431	2125	2050	68	67
10 000	795	799	782	812	1453	1482	2269	2198	69	68
10 500	820	822	806	836	1500	1532	2415	2335	70	68
11 000	844	842	830	860	1545	1582	2565	2510	70	69
11 500	867		852	883	1588	1632	2730	2670	71	70
12 000	888		875	906	1629	1682	2905	2858	72	71

Anmerkung: Tabelle 1: Die in den mit 2, 3, 4, 5 überschriebenen Rubriken aufgeführten Laufzeiten für P sind aufgestellt bzw. von: *Zoeppritz* 1906, *Hecker-Gutenberg* 1914, *A. Mohorovicic* 1912, *Rudolph-Szirtes* 1912. Die S-Laufzeiten unter 6 und 7 sind abgeleitet von bzw. *Zoeppritz-Geiger* 1906—1907, *Rudolph-Szirtes* 1912. Die unter 8 und 9 wiedergegebenen Scheiteltiefen *Sch* entsprechen den unter 2 bzw. 6 angegebenen Laufzeiten; das gleiche gilt von den Emergenzwinkeln, die unter 10 und 11 wiedergegeben sind. Es sind dies die wahren, auf Grund der Laufkurven abgeleiteten Emergenzwinkel.

tem Weg vom Epizentrum, wenn Herd und Epizentrum für die Erklärung und auch für genäherte Rechnungen zunächst als zusammenfallend angesehen werden, zum Beobachtungsort B. Die bisherigen Untersuchungen haben dargetan, daß die Strahlen nicht die geradlinigen Verbindungen zwischen E und B sind, sondern daß sie krummlinig, gegen die Erdoberfläche konkav sind, wie in der Fig. 3 angedeutet ist, wenigstens bis etwa zu einer Epizentralentfernung $EB = 12\,000$ km im größten Kreis gemessen. Die zu den anderen Einsätzen gehörigen Wellen sind an der Erdoberfläche vorher reflektiert, ehe sie B erreichen. Solche Reflexionsstellen sind z. B.: B^{I}, B^{II}, B^{III}. Da aller Wahrscheinlichkeit nach, wie bisherige Rechnungen gezeigt haben, das Erdinnere in Schichten angeordnet ist, können auch Reflexionen an diesen stattfinden. Der in das Innere eintretende Strahl erleidet bei seinem Durchgang durch die Schichten auch Brechungen. Auf diese Weise findet die ununterbrochene Aufeinanderfolge der

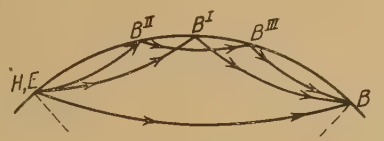


Fig. 3.

Wellen im Seismogramm eine Erklärung. Dazu kommt natürlich noch der Umstand, daß der Herd räumlich ausgedehnt ist und jeder Punkt desselben Ausgangsort von Wellen ist.

Für die Erforschung des Erdinnern sind die Laufzeitkurven von außerordentlicher Wichtigkeit, und jede, auch die kleinste Erdbebenwarte, kann auch durch einwandfreie Aufstellung der Seismographen wertvolle Beiträge liefern. Es ist nicht nötig, daß alle Warten die gleichen Instrumente haben oder daß diese photographisch registrieren.

Bei den meisten Laufzeitkurven wird der Umstand, daß Epizentrum und Herd genau genommen nicht zusammenfallen, nicht in Rechnung gebracht, die Herdtiefe wird vernachlässigt. Es wird ferner vorausgesetzt, daß der seismische Strahl in bezug auf seinen tiefsten Punkt P und die Achse CP (Fig. 1) symmetrisch ist. Es sei (B) HB irgendein Erdbebenstrahl, nach der eben erwähnten Annahme der Symmetrie sind die Winkel bei (B) und B, unter welchen die Erdoberfläche von den Strahlen getroffen wird, einander gleich. Der Winkel zwischen der Horizontalen im Beobachtungsort und dem Strahl heißt Emergenzwinkel e.

Bis zu einer Tiefe von etwa ¼ Erdradius (Erdradius = 6370 km) ist die Erdschale schichtweise unterteilt; der dann folgende Erdkern hat einen Radius von etwa 4800 km.

Der seismische Strahl, der in H auf CH senkrecht steht, hat eine besondere Bedeutung. Es ist oben darauf hingedeutet worden, daß die Laufkurve durchweg gegen die X-Achse konkav ist. Nach den neueren Untersuchungen trifft dieses aber nicht zu, es ist im Gegenteil die Laufkurve erst, wenn auch nur eine kurze Strecke je nach der Herdtiefe, gegen die Achse der Entfernung D konvex. Die Kurve hat also einen Wendepunkt, dessen genaue Festlegung nicht immer gelingt. Die Laufzeit des Auftreffpunktes B_0 des eben hervorgehobenen seismischen Strahles entspricht diesem Wendepunkt.

Es sei noch kurz bemerkt, daß der Übergang von der Erdschale zum Erdkern allmählich, nicht plötzlich geschieht. Dem Stoff nach besteht die Erdschale aus Gestein, der Kern jedenfalls aus Eisen, in der Übergangszone ist dem Gestein Eisen beigemengt.

Zum Schluß dieser kurzen Erörterung über häufig auftretende Bezeichnungen in der Seismik mögen in tabellarischer Form (Tabelle Nr. 1) einige Laufzeitkurven zusammengestellt sein. In der Tabelle Nr. 2 sind für dort angegebene Tiefen *Sch* die hier im Erdinnern herrschenden Ausbreitungsgeschwindigkeiten v angeführt. Den Knottschen Berechnungen (Proc. of the R. Soc. of Edinburgh *XXXIX* p. 113—208, 1918/1919) liegt die von *Zoeppritz* 1906 aufgestellte Laufkurve zugrunde.

Tabelle 1a.

D	P-Wellen		S-Wellen	
	ind	norm	ind	norm
km	sec	sec	sec	sec
100	13		23	
200	31		53	
300	50		86	
400	69		118	
500	86	69	148	
600	103	82	176	150
700	119	95	203	174
800		108		198
900		120		221
1000		133		244
1200		158		290
1400		183		334
1600		209		378
1800		233		421
2000		255		462

Tabelle 1a: Diese Tabelle gibt die Laufzeiten für die kleineren Epizentralentfernungen. Nach den Untersuchungen von *A. Mohorovicic* hat sich herausgestellt, daß es zwei Arten der P- und S-Wellen gibt, die an alle Erdbebenwarten zwischen 300—700 km Entfernung gelangen. Die erste Art von Wellen, die individuellen P- und S-Wellen, reicht vom Epizentrum bis 700 km, die zweite Art, die normalen P- und S-Wellen, beginnt bei etwa 700 km Epizentralentfernung. Zur Erklärung dieser Erscheinung nimmt *Moh.* Reflexionserscheinungen an den inneren Erdschichten an. Anisotropie mag auch mitsprechen.

Tabelle 2.

Scheitel-tiefe km	*P*-Wellen			*S*-Wellen	
	K km/sec^{-1}	*W* km/sec^{-1}	$R \cdot S_z$ km/sec^{-1}	*K* km/sec^{-1}	*W* km/sec^{-1}
0	7,18	7,17	6,98	3,98	4,01
200	8,00	8,00	7,67	4,50	4,50
400	8,85	8,85	8,60	4,93	4,93
600	9,60	9,60	9,44	5,40	5,40
800	10,40	10,40	10,18	5,80	5,80
1000	11,10	11,10	10,88	6,20	6,20
1100	11,35	11,45	11,16	6,38	6,44
1194	11,63	11,77	11,45	6,55	6,59
1200	11,64	11,80	11,48	6,55	6,59
1300	12,00	12.10	11,80	6,71	6,66
1373	12,20	12,31	11,97	6,79	6,69
1380	12,22	12,35	12,02	6,80	6,69
1400	12,28	12,40	12,04	6,81	6,70
1500	12,50	12,75	12,26	6,83	6,75
1519	12,56	12,77	12,28	6,83	6,75
1600	12,61	12,80	12,44	6,84	6,77
1628	12,75	12,80	12,48	6,84	6,79
1700	12,78	12,80	12,60	6,84	6,82
1744	12,80	12,80	12,66	6,84	6,84
1800	12,83	12,80	12,66	6,85	6,87
1878	12,84	12,80	12,66	6,85	6,90
1900	12,84	12,80	12,66	6,85	6,91
2000	12,83	12,80	12,66	6,85	6,95
2100	12,81	12,80	12,66	6,85	7,01
2128	12,80	12,80	12,66	6,85	7,04
2200	12,80	12,80	12,66	6,85	7,08
2400	12,80	12,80	12,66	6,85	7,24
2600	12,80	12,80	12,66	6,85	
2628	12,75	12,80	12,66	6,85	

Tabelle 2: Die unter *K* angeführten Ausbreitungsgeschwindigkeiten *v* der *P*- bzw. *S*-Wellen sind die von *Knott* auf Grund der Laufzeitkurven in der Rubrik 2 bzw. 6 der Tabelle 1 abgeleiteten (Proc. of the R. Soc. of Edinburgh *XXXIX*). Die gleichen Laufzeitkurven haben *Wiechert-Zoeppritz-Geiger* zur Ableitung der *v*-Werte für die *P*- und *S*-Wellen benutzt. Die in der 5. Rubrik der Tabelle 1 angeführten Laufzeitkurven führen zu den in der mit $R.S_z$. überschriebenen Rubrik angegebenen Ausbreitungsgeschwindigkeiten der *P*-Wellen.

Über die teleologische und kausale Deutung der Jahresringbildung des Stammes.

Von Hans André, Kaiserslautern.

Alle dikotylen Holzpflanzen besitzen zwei deutlich unterschiedene embryonale Wachstumszonen:

1. die Vegetationspunkte des Sprosses und der Wurzel,
2. das zwischen Holz und Rinde eingeschaltete Kambium, die Ausgangszone des sogen. sekundären Dickenwachstums.

Sowohl die Sproßvegetationspunkte wie das Kambium zeigen periodische Wachstumsformen.

Die Sproßvegetationspunkte können sich stark strecken und grüne assimilierende Laubblätter bilden; sie können aber auch in ihrem Wachstum gehemmt werden und sich zu einer Blüte mit farbigen Perigonblättern und Sporophyllen entfalten.

Die periodischen Wachstumsformen des Kambiums führen zu einer Aufeinanderfolge von Weit- und Engholz, die meistens schon makroskopisch als sogenannter Jahresring sichtbar wird. Unter dem Mikroskop zeigt sich als häufigstes und oft alleiniges Merkmal des Engholzes die Verkürzung der Holzelemente in der Richtung des Stammradius. Sie kann Hand in Hand gehen mit Änderungen der durchschnittlichen Länge derselben und erstreckt sich in ähnlicher Weise auf das eigentliche Holz wie auf die Markstrahlen. Der Übergang von Weit- in Engholz kann plötzlich, aber auch ganz allmählich sich vollziehen, während das Weitholz sich immer ganz unvermittelt an das zuletzt gebildete Engholz anschließt. Bei den Laubhölzern kommt zu der Abplattung der Spätholzelemente eine Verengung oder eine Abnahme der Gefäße zugunsten der Holzfasern und Tracheiden. Ein drittes aber keineswegs durchgreifendes Merkmal der Jahresringgrenze bilden die besonders dicken Membranen des Engholzes. Ausnahmsweise können auch beim Weitholz verdickte Membranen vorkommen. Bei den Tropenpflanzen finden sich alle möglichen Übergänge von fortlaufend homogener Wachstumsform bis zu scharf unterschiedenen Zuwachszonen; infolge der ganz anders gearteten klimatischen Verhältnisse brauchen diese Zuwachszonen keineswegs unseren Jahresringen zu entsprechen. Sehr häufig findet man bei den Tropenhölzern größere lokale Einschaltungen von Parenchym.

Die periodischen Wachstumsformen der Sproßvegetationspunkte und des Kambiums kann man von zwei Gesichtspunkten aus erörtern:

I. vom teleologischen und

II. vom kausalen Gesichtspunkt.

I. Die teleologische Deutung der Jahresringbildung.

Der teleologische Gesichtspunkt bezeichnet den Zweck, den die betreffende Wachstumsform im Dienste der Erhaltung des Individuums und der Art erfüllt. Bei der periodischen Differenzierung der Sproßvegetationspunkte im Assimilations- und Fruktifikationsorgane ist dieser Zweck allgemein bekannt. Aber auch die periodischen Wachstumsformen des Kambiums sind teleologisch gedeutet worden. Ihre Funktion sehen *Haberlandt* und *Hartig* in folgendem: „Die größere Anzahl der Gefäße und die größere Weite der übrigen wasserleitenden Organe im Weitholz entspricht dem zu Beginn der Vegetationszeit sich geltend machenden Bedürfnis des Baumes nach bequemen Wasserbahnen. Sind solche erst gebildet, so kann im Spätholz durch engere Elemente dem Bedürfnis erhöhter Festigkeit Genüge geleistet werden. In Übereinstimmung mit dieser

Auffassung zeigen besonders die Kernholzbäume eine reich- oder großporige Frühlingszone. Das Kernholz nimmt an der Wasserleitung nicht teil. Da die Verkernung aber in jedem Jahre neue Jahresringe ergreift, ist es bei der Schmalheit der für die Wasserbeförderung verbleibenden Splintzone besonders wichtig, möglichst früh Ersatzwege bereit zu stellen. Eine Ausnahme bilden die Weiden, bei welchen trotz deutlicher Kernbildung die Gefäße gleichmäßig im Ringe verteilt sind. Dies hängt, meint *Hartig*, damit zusammen, daß sie ihre Jahrestriebe nicht stoßweise mit einem Male entfalten, wie etwa die Eichen, sondern ihre Laubmenge den ganzen Sommer hindurch in langandauerndem Wachstum vergrößern, wodurch eine gleichmäßig fortschreitende Zunahme der Leitungsbahnen im Jahresringe sich nötig macht. Schwierig ist die Anwendung der Erklärung auf die Esche, welche keinen Kern bildet, ihr Laub nicht schubweise entfaltet und doch eine Frühholzzone großer Gefäße bildet. Vielleicht spielt ihr überaus großer Wasserbedarf eine Rolle." (*Büsgen*, Bau und Leben der Waldbäume, S. 145 ff.) Sehr schön hat *Holtermann* (1907) die teleologische Bedeutung der Tropenringe behandelt. Auf Grund umfangreicher anatomischer Untersuchungen konnte er folgendes feststellen: Bei der Bildung der Zuwachszonen finden sich in bezug auf Deutlichkeit die verschiedenartigsten Abstufungen von scharf ausgeprägten Holzringen bis zu völlig zonenlosem Gewebe. Parallel hiermit verläuft die Blattentfaltung und die Transpirationstätigkeit der Gewächse. Bei schnell wachsenden laubabwerfenden Bäumen ist eine gefäßreiche Weitholzzone sehr deutlich ausgeprägt, dagegen zeigen kontinuierlich sich beblätternde und sehr langsam wachsende Bäume in der Regel keine sehr deutlich unterscheidbaren Zuwachszonen.

Die teleologische Betrachtung, die, wie schon hervorgehoben, zweierlei Bedürfnisse: die Bedürfnisse der Wasserleitung und die der mechanischen Festigung in Betracht zieht, hat zu der Frage geführt, welcher dieser beiden Anforderungen die Struktur und Größe des Jahreszuwachses am besten entspricht.

Metzger hat zuerst im Jahre 1893 die Lehre entwickelt, nach welcher der Baumstamm in sehr vollkommener Weise dem Bedürfnis mechanischer Festigung entsprechen soll. Wird ein Balken an einem Ende befestigt und durch eine am andern Ende angreifende Kraft gebogen, so bricht er am leichtesten an der Befestigungsstelle. Alle übrigen Partien des Balkens sind weniger gefährdet. Man braucht daher, wenn man Material sparen will, den Balken nicht überall gleich stark zu nehmen, sondern kann ihn von der Befestigungsstelle aus nach dem andern Ende hin sich verjüngen lassen. Ein Balken, dessen Verjüngung so gewählt ist, daß er auf seiner ganzen Länge einer am Ende angreifenden biegenden Kraft denselben Widerstand entgegensetzt, heißt „Träger gleichen Widerstandes". Bedeuten s und r zwei verschiedene Radien dieses Trägers, x und e die Entfernungen dieser Radien von dem in einem Punkte konzentriert gedachten Angriffspunkte der biegenden Kraft, so ist $\frac{s^3}{r^3} = \frac{x}{e}$. Führt man die Messungen der Durchmesser resp. der Radien in stets gleichen Intervallen aus, so werden die Kugeln der Durchmesser Glieder einer arithmetischen Reihe sein. Da die graphische Darstellung einer arithmetischen Reihe in einem rechtwinkeligen Koordinatensystem eine gerade Linie ist, so kann man sich auf diesem Wege überzeugen, ob ein Stamm die Form eines Trägers von gleichem Widerstande besitzt. Ein Vergleich der Kuben der wahren Stammdurchmesser mit den Kuben, welche derselbe Schaft als Träger gleichen Widerstandes haben müßte, ergab bei den gemessenen Bäumen nur ausnahmsweise eine Übereinstimmung, bei den meisten zeigte er eine Abweichung. So fand z. B. *Jaccard*, daß bei einer 38 m hohen Fichte die Kuben der Stammdurchmesser oberhalb 11,6 m Höhe zu groß, unterhalb derselben zu klein waren. *Jaccard* bezeichnet den Stammdurchmesser, dessen 3. Potenz die größte negative Abweichung von der Kubenlinie des Trägers gleichen Widerstandes aufweist, als „minimalen relativen Durchmesser".

Schon von vornherein war zu erwarten, daß eine Theorie, welche die ernährungsphysiologische Funktion des Stammes außer acht läßt, dem teleologischen Aufbau desselben nicht ganz gerecht wird. *Jaccard* hat daher neuerdings versucht, die mechanische Theorie *Metzgers* durch eine Auffassung zu berichtigen und zu ergänzen, welche vor allem die ernährungsphysiologische Funktion des Stammes zum teleologischen Verständnis seines Aufbaues heranzieht. Die physiologische Funktion der jüngsten Jahresringe besteht, wie wir schon eingangs festgestellt haben, vor allem in der Wasserversorgung der Krone. Ganz abgesehen von den Molekularkräften, die bei dem verwickelten Vorgang des Saftaufstieges mitwirken (Kohäsion, Kapillarität, Osmose, Imbibition, Viskosität), wird die Pflanze stets bestrebt sein, den Wassertransport auf dem kürzesten Wege zwischen den Verdunstungs- und den Aufnahmeorganen zu bewerkstelligen. Dieser Weg erheischt den kleinsten Kraftaufwand, weil hier der dynamisch bewirkte Aufstieg des Wassers den geringsten Widerstand fordert. Ein nach diesem Prinzip konstruierter Stamm muß ein System gleicher Wasserleitungsfähigkeit darstellen, d. h. in jedem Querschnitt die gleiche Wasserleitungsfläche besitzen. Das hat zur Folge, daß in demselben Maße, als der Durchmesser des Schaftes und damit auch der des äußersten Jahresringes von oben nach unten zunimmt, die Breite dieses Ringes immer mehr abnimmt, damit in jeder Höhe der gleiche Flächeninhalt gewahrt bleibt. Die fortlaufende Dickenzunahme des Stammes von oben nach unten

verträgt sich natürlich mit dieser Annahme sehr wohl, denn sie hängt nicht nur von der Ringbreite, zumal der letzten Ringe, sondern auch von der Anzahl der Ringe ab. Wie stimmen damit die Messungen an den Baumquerschnitten überein? Wir müssen zunächst die Befunde an denjenigen Fichten und Tannen[1]) berücksichtigen, deren Entwicklung nicht durch plötzliche Änderung der Kulturbedingungen (infolge von Freistellung des Baumes bei starker Durchforstung) modifiziert wurde. Bei diesen Bäumen konnte *Jaccard* in bestimmten Fällen nachweisen, daß tatsächlich die Fläche des letzten oder der zwei bis drei letzten Jahresringe unterhalb der Krone auf die eben beschriebene Weise sich konstant erhält. Häufig aber tritt eine Abweichung davon auf, die darin besteht, daß die Ringfläche von der Basis zur Spitze sich vergrößert. Auch das kann in Einklang gebracht werden mit den Bedürfnissen der Wasserleitung, deren Bedingungen nicht in allen Höhen des Schaftes die gleichen zu sein brauchen. Unter den Bedingungen, welche die Leitfähigkeit in der Flächeneinheit vermindern und deshalb eine Vergrößerung der Leitfläche fordern, erwähnt *Jaccard:*

1. Die Gegenwart trockener einwachsender Astansätze im oberen Teile des Schaftes, welche den aufsteigenden Wasserstrom lokal hemmen; den Einfluß solcher Zweige hat *Jaccard* experimentell durch Einfügung von Glaszylindern in den Stamm nachgewiesen; dadurch wurde das Dickenwachstum lokal verstärkt.
2. Anatomische Strukturveränderungen, wie
   a) die Verminderung des Durchmessers der Tracheiden,
   b) die relative Vermehrung des Herbstholzes, das aus Elementen gebildet ist, die weniger zur Wasserleitung geeignet sind,
   c) die mehr oder weniger große Entwicklung von Markstrahlen, deren Anteil an der Oberflächeneinheit gegen die Krone zu merklich größer wird.

Indem unter all diesen Bedingungen die Leitfähigkeit in der Flächeneinheit sich vermindert, erscheint es verständlich, daß zur Herstellung gleicher Leitfähigkeit die Leitfläche selbst sich vergrößert. Wie eine solche Vergrößerung bei der eben erwähnten Abweichung von unten nach oben stattfindet, so erfolgt auch bei allen sog. „vollholzigen" Fichten und Tannen von einer bestimmten Höhe ab eine mehr oder weniger starke Vergrößerung der Ringfläche von oben nach unten. Besonders deutlich tritt eine solche Vergrößerung als sog. „Lichtungszuwachs" bei Bäumen hervor, deren Kulturbedingungen durch Freistellung plötzlich sich verändert haben. Bei diesen und allen vollholzigen Stämmen der Fichten und Weißtannen des Hochwaldes stellen also die äußersten Jahresringe zwei abgestumpfte Kegelmäntel dar, zwischen denen die Ringfläche ihr Minimum erreicht. Ungefähr an der Stelle dieses Minimums der Ringfläche befindet sich auch der „minimale relative Durchmesser", dessen 3. Potenz die größte negative Abweichung von der Kubenlinie des Trägers gleichen Widerstandes aufweist. Die betreffende Stelle ist ungefähr identisch mit der Bruchstelle der Bäume beim Sturm. Zum teleologischen Verständnis der Ausbreitung der Stammbasis, des sog. „Wurzelanlaufes" zieht *Jaccard* in Betracht, daß die Richtungsänderung der Wasserbahnen beim Übergang aus der Wurzel in den Stamm eine Verlangsamung der Wasserströmung verursacht, die ihrerseits eine Erweiterung der Bahnen erfordert. Auf den Lichtungszuwachs, der von den Anhängern *Metzgers* als Reaktionsergebnis auf die verstärkte Zug- und Druckwirkung des Windes, von *Jaccard* aber in der Hauptsache auf die veränderten Ernährungsverhältnisse zurückgeführt wird, kommen wir bei der kausalen Betrachtung der Jahresringbildung nochmals zurück.

Einwendungen gegen *Jaccards* Theorie sind von *v. Guttenberg* gemacht worden. „*v. Guttenberg* fand an einem für die Fichte wenigstens reichen Material, daß der Querflächenzuwachs, also der Zuwachs an Ringfläche, die der Leitungsfläche *Jaccards* entspricht, im allgemeinen vom Stammgrund bis zum Gipfel, und zwar bis zu einer Höhe von 5 bis 5 m rasch, im mittleren Schaft nur wenig, gegen den Gipfel hin aber wieder rasch abnimmt. Ein im mittleren Stammteil gleichbleibender oder selbst unter dem Kronenansatz wieder zunehmender Querflächenzuwachs ist nur bei der Kiefer und Tanne, in einigen Fällen auch bei der Fichte nachgewiesen. Nur ein kleiner Teil der vermessenen Stämme würde demnach *Jaccards* Theorie entsprechend gebaut sein und auch diese nur streckenweise. Auch die Übereinstimmung der Stämme mit *Metzgers* Anforderungen war keineswegs allgemein. Immerhin kommt *v. Guttenberg* zu der Ansicht, daß die Formausbildung der Stämme in der Hauptsache nach statischen Gesetzen erfolge, wenn auch nicht so streng und ausschließlich als Träger gleichen Widerstandes gegen Biegung, wie es nach *Metzgers* Ausführungen der Fall zu sein schien. *Jaccard* erkennt *v. Guttenbergs* Zahlen an, meint aber, sie seien gegen seine Theorie nicht beweiskräftig, da Ansatzpunkt, Länge und Durchmesser der Krone nicht angegeben und die Dürräste nicht berücksichtigt seien." (*Büsgen,* Botanische Theorien über

[1]) *Jaccards* Theorie bezieht sich zunächst nur auf die Nadelhölzer. Das Holz der Nadelhölzer setzt sich aus sog. Tracheiden zusammen, d. s. langgestreckte und beiderseits zugespitzte Zellen, die durch seitliche mit einem Ringwulst versehene Aussparungen der Membran sog. Hoftüpfel, in Kommunikation stehen und so ein ununterbrochenes Leitungssystem darstellen. Das Holz der Laubhölzer setzt sich im wesentlichen aus zwei Bestandteilen zusammen: aus der Festigung dienenden Holzfasern und der Wasserleitung dienenden Gefäßen; letztere stellen lange durch Zellfusion entstandene Röhren dar.

die Schaftform der Fichte. Zeitschrift für Jagd- und Forstwesen, 49. Jahrgang, 7. Heft.)

Vergleicht man die bisherigen Messungsergebnisse, so scheint es, daß sowohl *Metzgers* wie *Jaccards* Theorien einen maßgebenden teleologischen Gesichtspunkt für die Baukonstruktion der Bäume in Betracht ziehen, daß aber Stammformen, die in ihrem Aufbau nur einem der beiden Gesichtspunkte entsprechen, Sonderfälle sind. Außer dem Festigkeitsbedürfnis und der Wasserleitung muß auch die Leistung des Schaftes als Wasserspeicher noch berücksichtigt werden. Sie dürfte bei den faßförmigen Stämmen der südamerikanischen Cavannilesien und bei den Affenbrotbäumen der mittelafrikanischen Steppe maßgebend sein. Bei manchen Palmen erscheint die Schaftform durch die Rücksicht auf Anhäufung von Reservestoffen bestimmt.

II. Die kausale Deutung der Jahresringbildung.

Die teleologische Betrachtungsweise, unter der wir bisher das Dickenwachstum zu verstehen suchten, führt durch ihre logische Analyse zur kausalen Betrachtung. Der ihr zugrunde liegende Zweckbegriff ist dem Bewußtsein unseres Handelns und Wollens entsprungen. Wir wissen, daß unser bewußtes, willkürliches Tun von dem Gedanken eines zukünftigen Zustandes ausgeht. Dieser Gedanke wird Gegenstand unseres Wollens, und unser Wollen bestimmt nun weiter die Tätigkeiten, die auf die Verwirklichung jenes Gedankens gerichtet sind, und die, wo es sich um äußere Veränderungen handelt, in willkürlichen Bewegungen unseres Leibes bestehen. Diese Beziehung auf die künftige Verwirklichung durch unser Tun scheidet die Gedanken, welche wir als Gegenstände unseres Wollens Zwecke nennen, von andern, die ihnen darin ähnlich sind, daß sie gleichfalls unser Interesse erwecken und einen Reiz auf uns ausüben, an deren Verwirklichung wir aber verzweifeln, von bloßen Wünschen oder unerreichbaren Idealen; dadurch tritt der Zweck aus seiner bloß subjektiven Innerlichkeit heraus und fordert seinen Korrelatbegriff, den des Mittels; dieser drückt die wirkliche Ursache aus, die nach den Gesetzen der Natur den Zweck zu realisieren geeignet ist und von uns in Bewegung gesetzt werden kann. Eben damit aber ist der Zweckbegriff, auch wenn wir ihn nicht weiter in seiner Entstehung zurückverfolgen, dem Begriff der wirkenden Ursache nicht entgegengesetzt, sondern schließt ihn vielmehr ein. Sehen wir nun davon ab, daß der Gedanke des Erfolges durch den Willen des Menschen und seine Organisation hindurch die einzelnen Bewegungen wirklich hervorbringt, betrachten wir nur das objektive Verhältnis des realisierten Zwecks zu den äußeren Mitteln, so ergibt sich zunächst die Möglichkeit einer rein formellen Anwendung des Zweckbegriffs auch auf jene äußeren Produkte, die ähnlich wie die Kunstprodukte (Beispiel: Maschinen) ein System von Zwecken darstellen, aber unabhängig von der menschlichen Zwecktätigkeit entstanden sind. Es sind die lebenden organisierten Systeme.

Um nun diese Systeme auch unter dem Korrelatbegriff des Mittels oder der Wirkursache zielbewußt zu erforschen, ist es notwendig, sie methodisch zu bestimmen. Die klarste und brauchbarste Formulierung einer solchen methodischen Bestimmung dürfte wohl von *Klebs* gegeben worden sein.

Unter transsubjektiver Anwendung der beiden Kategorien der Substantialität und der Kausalität trifft *Klebs* die grundlegenden Bestimmungen der spezifischen Struktur und der inneren und äußeren Bedingungen. Wie wir bei einem Körper ein „Beharrliches" setzen, das Träger mannigfacher Potenzen, z. B. dreier möglicher Aggregatzustände sein kann, so fordert *Klebs* auch ein beharrliches Substrat der mannigfaltigen Potenzen bei der Pflanze. Dieses beharrliche Substrat, in dem alle Formen des Wachstums der Anlage nach vorhanden sind, nennt *Klebs* die spezifische Struktur der Pflanze. Damit an der spezifischen Struktur nun ganz bestimmte Wachstumsformen sich verwirklichen, müssen ganz bestimmte innere Bedingungen gegeben sein. Diese inneren Bedingungen entstehen aber dem Beharrungsgesetz zufolge in der Pflanze nicht „von selbst", sondern in Zusammenhang mit den damit verknüpften äußeren Bedingungen, unter denen sich die Pflanze jeweilig befindet. Um den Kausalzusammenhang zwischen inneren und äußeren Bedingungen deutlicher zu kennzeichnen, ziehen wir vor, das Wort „Bedingungen" durch „Ursachen" zu ersetzen, ohne auf eine erkenntnistheoretische Diskussion dieses vielumstrittenen Begriffes näher einzugehen.

Wenn wir die kausale Fragestellung nun noch näher umschreiben wollen, so umfaßt dieselbe als schwierigstes Problem zunächst die spezifische Struktur selbst: Wie ist jene teleologisch orientierte Reaktionsbasis, die wir spezifische Struktur nennen, ihrer inneren Konstitution nach zusammengesetzt, wie ist sie im Laufe der phylogenetischen Entwicklung entstanden? Seitdem wir klar erkannt haben, daß Selektion nur bereits zweckmäßig reagierende spezifische Strukturen auswählen und fördern, nicht aber deren kausale Entstehung erklären kann, sind wir uns der ungeheuren Schwierigkeit dieses Problems erst voll bewußt. *Roux'* Theorie der funktionellen Anpassung bedeutet in dieser Hinsicht den ersten erfolgreichen Lösungsversuch. Allerdings vermag sie nur zu erklären, wie bereits vorhandene zweckmäßige Anlagen durch starke Inanspruchnahme sich vervollkommnen können. Über die Entstehung der Anlagen selbst sagt sie nichts. Es fehlt uns auch vorläufig noch jedes zielbewußte Verfahren, dieses Problem aufzuhellen. Wohl aber können wir den inneren und äußeren Ursachen nachgehen, die in der spezifischen Struktur die Wachstums- und Differenzierungsprozesse hervorrufen. Auf

dieses allein mögliche Verfahren muß sich auch unsere Untersuchung über die Abhängigkeit der Jahresringbildung von inneren und äußeren Faktoren beschränken.

Das Studium der bisherigen Theorien der Jahresringbildung zeigt, daß man im wesentlichen drei Gruppen von Ursachen zu ihrer Erklärung heranzog:

1. physikalische Ursachen,
2. physiologisch-chemische, im Stoffwechsel wirksame Ursachen,
3. auslösende Ursachen oder „Reize".

Als physikalische Ursachen der Strukturdifferenzen des Holzes zog man in Betracht:

a) einen periodisch veränderten Rindedruck,
b) periodische Veränderungen der Faktoren, die im osmotischen System der Jungholzzellen mechanisch wirksam sind.

1. Die physikalischen Theorien der Jahresringbildung.

Die älteste physikalische Theorie zieht den Einfluß des Rindedrucks in Erwägung. *Sachs* schrieb hierüber in seinem Lehrbuch der Botanik 1. Aufl. S. 409: „Die Ursache dieser Verschiedenheit (von Weit- und Engholz) ist bisher nicht bekannt, ich vermute jedoch, daß sie einfach auf dem veränderlichen Druck beruht, den das Kambium und das Holz von der umgebenden Rinde erfährt; dieser Druck ist im Frühjahr geringer und steigert sich bis zum Herbst immer mehr; ich habe dafür keine direkten Messungen, schließe es aber daraus, daß die Längsrisse der Borke im Februar und März sich erweitern, wie man deutlich an Quercus, Acer, Populus, Juglans und anderen sieht; worauf dies beruht, will ich hier nicht erörtern, aber jedenfalls wird die Borke, deren Längsrisse im Winter sich erweitert haben, im Frühjahr einen geringeren Druck auf das Kambium ausüben. Die Holzzellen können sich also radial leichter ausdehnen; durch die Verdickung des Holzringes einerseits, durch die Austrocknung der Borke im Sommer andererseits muß der Druck, den sie auf das Kambium ausübt, immerfort steigen und das radiale Wachstum der jungen Holzzellen beeinträchtigen."

Die ersten theoretischen Bedenken gegen die Rindendrucktheorie machte *Russow* geltend. Man kann sie in folgende 3 Punkte zusammenfassen:

1. Wenn ein bedeutender Rindendruck wirksam ist, so muß sich derselbe auch in der Ausbildung der Rindenelemente bemerkbar machen. Die im letzten Jahr gebildete Rinde müßte gleichfalls einen, wenn auch umgekehrten Jahresring aufweisen, was nicht der Fall ist.

2. Entsprechend dem ganz allmählich wachsenden Rindendruck müßte auch ein ganz allmählicher Übergang aus dem Frühlings- ins Herbstholz stattfinden, was meist ebenfalls nicht der Fall ist.

3. Nach *Sachs* soll die Herabsetzung des Rindendruckes auf seine Anfangsgröße durch das Auftreten von Frostspalten erfolgen. Das ist aber nur in der kalten und gemäßigten Zone möglich und kann nicht für die heiße Zone zutreffen, in der gleichfalls Bäume mit Jahresringen vorkommen.

Eine exakte Widerlegung erfuhr die Rindendrucktheorie durch *Krabbe*. *Krabbe* maß den Rindendruck zu verschiedenen Zeiten des Jahres, indem er abgelöste und dabei sich kontrahierende Rindenstücke durch Gewichte auf ihre ursprüngliche Länge ausdehnte. Die Messungen ergaben, daß der Rindendruck während des ganzen Jahres annähernd konstant ist. Also kann er für die verschiedenen Streckungsverhältnisse des jährlichen Holzzuwachses nicht verantwortlich gemacht werden.

Krabbe begnügte sich in seiner Arbeit mit der Widerlegung der Rindendrucktheorie, ohne selbst nach einer Lösung des Problems zu suchen. Schon vor dem Erscheinen seiner Untersuchungen hatte *Russow* eine neue Lösung versucht, indem er die größere Streckung im Frühholz auf den größeren Turgor der Kambiumzellen im Frühling zurückführt.

Analysieren wir das osmotische System der Jungholzzellen nach seinen wirksamen Bestandteilen, so sehen wir, daß Streckungsvariationen durch Veränderung verschiedener Faktoren bedingt sein können. Einmal kann man bei gleicher zur Verfügung stehender Wassermenge und gleichem Membranwiderstand einen verschieden hohen osmotischen Innendruck für die verschiedenen Streckungsverhältnisse im Früh- und Spätholz verantwortlich machen. Die Bemühungen *Wielers*, diese Auffassung zu begründen, ergaben aber ein negatives Resultat. Seine plasmolytischen Messungen bei Pinus silvestris und Populus nigra lassen darauf schließen, daß der osmotische Innendruck der Jungholzzellen dieser Bäume während der ganzen Vegetationsperiode nahezu konstant ist.

Aber kann nicht bei einem gleichen osmotischen Innendruck der Zellen eine verschieden große zur Verfügung stehende Wassermenge bedingen, daß der gleiche Innendruck in verschiedener Stärke sich äußert, indem die osmotische Energie entsprechend der zur Verfügung stehenden Wassermenge in ein verschieden großes Äquivalent mechanischer Spannungsenergie übergeführt wird? Daß Wasserdifferenzen im Jungholz die Wachstumsform desselben mitbestimmen, geht schon aus Untersuchungen *Wielers* hervor. *Wieler* untersuchte den Wassergehalt der Jungholzregion von Pinus silvestris und Salix pentandra im Frühling und Herbst. Bei Pinus war der Wassergehalt bei der Frühholzbildung um 3,7, bei Salix um 1,8 % größer als zur Zeit der Spätholzbildung. Den Einfluß des Wassers als Streckungsmittel suchte *Wieler* auch durch künstliche Wasserentziehung zu demonstrieren. Er kultivierte Helianthus annuus in 1 % Salpeterlösung. Während der Kultur entstand Engholz. *Wieler* führt das darauf zurück, daß die Salpeterlösung durch ihren osmotischen Überdruck den Jungholzzellen Wasser entzog. Überzeugend tritt der Einfluß wechselnder

Wasserversorgung erst in den Untersuchungen und statistischen Befunden von *Lutz* zutage. 5- bis 7-jährige Kiefern wurden zu verschiedener Jahreszeit entnadelt und alle neu sich entfaltenden Knospen jedesmal entfernt. Die Bäumchen starben ab, erzeugten aber, wenn die Entnadelung vor Knospenausbruch ausgeführt wurde, noch einen Holzzuwachs, bis ihre gesamte Reservestärke aufgebraucht war. Die nach der Entnadelung erzeugten Elemente zeigten merkwürdigerweise die Gestalt von Frühtracheiden. Auch wenn die Operation zu einer Zeit ausgeführt wurde, in welcher sonst bereits Herbstholz gebildet zu werden pflegt. Hier nun setzt die Theorie des Verfassers ein. Indem die Entnadelung die Transpiration plötzlich herabsetzt, führt sie zu einem für die Jahreszeit abnorm hohen Wassergehalt in Rinde und Jungholzregion. Dieser ist die Ursache der Bildung der weiten Holzelemente. In Analogie hiermit führt *Lutz* auch den normalen Wechsel von Weit- und Engholz in den Jahresringen auf Wassergehaltsdifferenzen zurück. Er stützt seinen Analogieschluß auf Beobachtungen an Freiexemplaren in Zusammenhang mit der Witterung. So macht er unter anderem darauf aufmerksam, daß in Jahren mit scharfem Wechsel zwischen nassen und trockenen Perioden während der Vegetationszeit in ein und demselben Zuwachsringe mehrmals weite Frühlingstracheiden mit Herbsttracheiden abwechseln können, also falsche Jahresringe sich bilden. Näher untersucht und mit den Witterungsverhältnissen verglichen wurde der Jahresring einer Kiefer vom Jahre 1893. Das Resultat sei hier tabellarisch mitgeteilt.

Bestandteile des Jahresringes	Wetter
1—2 Tracheidenreihen „Frühlingsholz", ca. 18,2 mikr. rad. Durchm.	21. März bis 17. Mai Trockenperiode. Im letzten Maidrittel Regenzeit.
4—6 Tracheidenreihen „Herbstholz" ca. 12,1 mikr. rad. Durchm.	1.—20. Juni Trockenperiode:
3 Tracheidenreihen „Frühlingsholz" ca. 16,8 mikr. rad. Durchm.	21.—28. Juni Regenzeit.
6—7 Tracheidenreihen „Herbstholz" ca. 12,8 mikr. rad. Durchm.	29. Juni bis 23. Juli Trockenzeit.
2—4 Tracheidenreihen „Frühlingsholz" ca. 16,6 mikr. rad. Durchm.	24.—31. Juli Regenzeit.
4—5 Tracheidenreihen „Herbstholz" ca. 11,7 mikr. rad. Durchm.	1. Aug. bis 15. Sept. Trockenzeit, von einzelnen Regenfällen abgesehen.

Aus der Tabelle ist der Einfluß der feuchten und trockenen Witterung auf den Durchmesser der Tracheiden ohne weiteres ersichtlich. In Übereinstimmung mit der Lutzschen Theorie stehen auch die Beobachtungen von *Groom* (1913, 1914), der die amerikanischen Kieferarten mit engen Tracheiden (24—39 mikr.) im allgemeinen nach Verbreitung und Standort xerophil, die mit den weitesten Tracheiden (bis 50 mikr.) hygrophil fand.

Es muß bei all diesen Ergebnissen dahingestellt bleiben, inwieweit das Wasser nur als osmotisches Streckungsmittel und inwieweit es auch in seiner physiologischen Rolle bei der Protoplasmatätigkeit wirksam war. Auch ist dabei nicht entschieden, inwieweit die vom Wasser mitgeführten Nährsalze die Kambiumtätigkeit modifizierten.

Im osmotischen System der Zelle ist aber noch ein dritter Faktor von Bedeutung: der Widerstand der Membran. Wie dieser von der Beschaffenheit der Membran und damit in allererster Linie von der Ernährung der Zellen abhängt, werden wir von selbst auf die Bedeutung der letzteren hingewiesen.

2. Die physiol.-chemische oder die „Ernährungstheorie".

Das Kambium, das nach außen den Bast, nach innen das Holz erzeugt, wird dementsprechend von zwei Strömen umflossen, die es mit Nährstoffen versorgen: von dem im Holz aufsteigenden mineralischen Nährstrom und dem im Bast absteigenden Strom der gelösten organischen Substanzen. Es ist einleuchtend, daß Unterschiede in der Zusammensetzung und Konzentration beider Lösungen auch die Tätigkeit der Kambiumzellen modifizieren müssen. Die Bedeutung bestimmter Stoffanteile für die Wachstumsform embryonaler Gewebe hat vor allem *Klebs* genauer zu bestimmen versucht. Allerdings beziehen sich die Klebsschen Versuche in der Hauptsache auf die Tätigkeit der Vegetationspunkte, nicht auf die des Kambiums. In größtem Stile hat er sie bei Sempervivum, dem sogenannten Dachwurz, durchgeführt. In dem embryonalen Gewebe des Vegetationspunktes dieser Pflanze stecken mannigfaltige Wachstums- und Differenzierungsmöglichkeiten: entweder bildet er grüne assimilierende Dickblätter, oder er streckt sich als Achse des Blütenstandes, oder er entfaltet an den Zweigenden das farbige Perigon und die Sporophylle der Blüte. Rein theoretisch muß man annehmen, daß die inneren Ursachen dieser mannigfachen Wachstumsformen ebenfalls verschieden sein müssen. Diese Annahme wurde auch durch die Erfahrung bestätigt. Untersucht man den Preßsaft blühreifer und nicht blühreifer Rosetten auf seinen Gehalt an Kohlehydraten (in Form gelösten Zuckers) und an löslichen Stickstoffverbindungen (in Form von Eiweiß, Amiden u. dgl.), so ergibt sich, daß das errechnete Verhältnis

$$\frac{\text{Menge des Kohlenstoffs}}{\text{Menge des Stickstoffs}} = \frac{C}{N}$$

bei den blühenden Rosetten deutlich größer ist, als bei den nicht blühreifen.

Der experimentelle Eingriff in den Entwicklungsgang der Pflanze läuft also darauf hinaus, durch verschiedenartige Anwendung der äußeren Faktoren das Mischungsverhältnis $\frac{C}{N}$ zu ändern. Gute Kohlenstoffassimilation in hellem Licht befördert bei entsprechend reichlicher Wasser- und Nährsalzzuführung (N!) die Vegetation, bei wenig Wasser und Nährsalzen die Blütenbildung. Bei mittlerer Wasser- und Nährsalzaufnahme entscheidet die Stärke der Assimilation zugunsten der Blütenbildung, daher auch rotes Licht in positivem, blaues in negativem Sinne wirkt.

Ähnlich wie bei den Vegetationspunkten wird auch beim Kambium das Verhältnis der zugeführten Nährstoffe die Wachstumsform beeinflussen. Die beiden das Kambium speisenden Ernährungsströme, der aufsteigende mineralische Strom und der absteigende organische Strom, deren beide Stoffanteile wir in das Verhältnis $\frac{M}{O}$ setzen wollen, müssen ebenso wie die Ernährung der Vegetationspunkte einer experimentellen Beeinflussung zugänglich sein, also verschiedene Werte des Verhältnisses $\frac{M}{O}$ erzielen lassen, die die Wachstumsform des Kambiums modifizieren. Die erfolgreichsten Versuche in dieser Beziehung habe ich bei drei Pflanzen durchgeführt, die alle drei mehrjährig sind und unter normalen konstanten Ernährungsbedingungen ein fast durchgehend homogenes Holz bilden. Die erste der drei Pflanzen war eine Kreuzung unseres einheimischen Tabaks: Nicotiana tabacum L mit Nicotiana tomentosa Ruiz. et Pav.; die zweite war die Tabakspezies: Nicotiana wigandiodes C. Koch, die dritte die bekannte Tropenpflanze: Lantana Camara L mit den intensiv leuchtenden gelb-violetten Blütensternchen. Bei allen drei Pflanzen stellte ich mir die Aufgabe, durch Änderung der Ernährung und Wasserversorgung das Kambium künstlich zu Ringbildungen zu veranlassen. Die jeweilig entstehende Wachstumsform des Kambiums mußte dann Analogieschlüsse ziehen lassen auf die Ursachen, die die normale Jahresringbildung bewirken. Die durchgeführten Versuche hatten den schönsten Erfolg: Besonders das Kambium von Lantana Camara reagierte außerordentlich fein auf Ernährungsveränderungen. Mit Hilfe solcher Veränderungen konnte man alle möglichen Holzvariationen in beliebigem Rhythmus erzeugen: Weitholz, Mittelholz und Engholz mit verschiedenster Membrandicke. Besonders klar trat die Abhängigkeit von den Ernährungsbedingungen bei den Holzfasern hervor. Die Veränderung der Gefäße ging nicht immer genau parallel hiermit. Den Charakter des Holzes als Eng-, Mittel- und Weitholz bestimmten also in erster Linie die Fasern.

Der methodische Gedankengang der Untersuchung war zunächst folgender: es soll nachgewiesen werden, ob unter normalen Assimilationsbedingungen, also relativ gleichmäßiger Versorgung mit organischem Material, ein Unterschied in der mineralischen Ernährung der Pflanze die Wachstumsform des Kambiums modifiziert. Zu diesem Zweck wurden Versuchsexemplare aller drei Pflanzen aus guter, normal begossener Gartenerde in feinen reichlich begossenen Sandboden umgepflanzt. Das geringe Vermögen des Sandes Wasser festzuhalten wurde durch stärkere Begießung ausgeglichen, sodaß in beiden Fällen eine zwar ungefähr gleiche Wasserversorgung vorausgesetzt werden kann, aber ein großer Unterschied in der zur Verfügung stehenden Nährsalzmenge angenommen werden muß. Das Verhältnis $\frac{M}{O}$ nahm also im ersten Falle (bei Kultur in Gartenerde) einen beträchtlich größeren Wert an als im letzten Falle (bei Kultur in feuchtem Sand). Dieser Unterschied in der mineralischen Ernährung machte sich dahin geltend, daß bei großem Wert von M charakteristisches Weitholz, bei kleinem Wert eine Übergangsform von Mittel- zu Engholz entstand. Das legt den Schluß nahe, daß die Jungholzzellen durch Nährsalzmangel die Tendenz zur maximalen Streckung verlieren. Um aber die unter diesen Umständen noch größtmögliche Streckung (d. i. Mittelholzstreckung) zu erreichen, ist reichlich Wasser notwendig, das unbedingt erforderliche osmotische Streckungsmittel. Um nachzuprüfen, daß die den Zellen innewohnende Tendenz zur Streckung von der Nährsalzzufuhr abhängt, nicht vom Wasser, kultivierte ich Exemplare von Lantana in ganz grobkörnigem Quarzsand, der mit relativ stark konzentrierter Nährlösung begossen wurde. In diesem grobkörnigen Sand, der das Wasser kapillar überhaupt nicht mehr festhält, herrscht relativer Wassermangel, aber wegen des großen Nährsalzgehaltes der durch Adhäsion anhaftenden Lösungsschicht relativer Nährsalzreichtum. Das sich bildende Holz unterscheidet sich von dem in feinkörnigem, sehr feuchtem, aber nährsalzarmem Sand gebildeten deutlich durch eine größere radiale Streckung der Elemente. Es bildet sich Mittelholz, das nicht mehr in Engholz übergeht. Damit ist deutlich gezeigt, daß die Tendenz zur Streckung nicht durch das Wasser, sondern durch die Nährsalze in den Jungholzzellen entsteht. Das Wasser ist nur das Mittel, das ermöglicht, daß die Tendenz sich durchsetzt. Stellt man bei guter Nährsalzversorgung auch Wasser reichlich zur Verfügung, indem man die Pflanze in feuchter, gut gedüngter Gartenerde kultiviert, so entsteht typisches Weitholz mit stärkster radialer Streckung der Elemente. Setzt man aber dann zeitweise die Wasserversorgung stark herab, indem man die Begießung einstellt, so bildet sich mit fortschreitender Trockenheit zuerst Mittelholz, dann Engholz. Auf diese Weise gelingt es bei allen drei Pflanzen (den beiden Tabaken und Lantana) in beliebigem Rhythmus Engholzringe zu erzeugen.

Bei Lantana führte ich nun noch weitere Versuche durch, die einen, wenn auch noch nicht exakt begründeten Schluß ziehen lassen auf den Anteil des organischen Materials an der Wachstumsform des Kambiums. Ich beobachtete, daß Lantana-Exemplare, wenn ich sie an stark beschatteten Stellen des Gewächshauses kultivierte, Holzelemente bildeten, die durch sehr dünne Membranen ausgezeichnet sind, aber im übrigen maximale Streckung zeigen. Dagegen zeigte der Holzzuwachs von Pflanzen, die bei guter Ernährung und reichlicher Begießung einer fast ununterbrochenen täglichen Sonnenbestrahlung ungefähr 4 Wochen ausgesetzt waren, ein ganz anderes Bild. Der Zuwachs war relativ breit, die Fasern waren stark verdickt und ihre radiale Streckung erreichte meist nicht das Maximum trotz der guten Nährsalz- und Wasserversorgung. Auf Grund dieses Befundes spreche ich die Vermutung aus, daß infolge der gesteigerten Assimilation ein starker Zustrom organischen Materials (besonders von Kohlehydraten) zum Kambium stattfinden müßte, der die starke Verdickung der Fasermembranen bewirkte. Mit der Verdickung der Membran erhöhte sich auch ihr Widerstand gegenüber dem osmotischen Druck, und die Folge davon war, daß die Fasern die maximale Streckung meist nicht erreichten.

Zusammenfassend dürfen wir also sagen, daß die Wachstumsformen des Kambiums bestimmt werden durch das Verhältnis $\frac{M}{O}$ einschließlich der damit zur Verfügung stehenden Wassermenge. Es ist wahrscheinlich, daß sowohl der mineralische wie der organische Nährstrom mit der Länge des zurückgelegten Weges sich verändern und deshalb auch das Verhältnis $\frac{M}{O}$ in verschiedenen Höhen des Schaftes variiert. Das Verhältnis wird, wie *Jaccard* näher ausführt, in einem bestimmten Punkte einen für das Dickenwachstum ungünstigsten Wert erreichen; dieser Punkt bezeichnet das Minimum der Jahresringfläche bei den periodisch wachsenden Stämmen. Die wesentlichen Unterschiede in der Struktur der Elemente zwischen Gipfel und Stammbasis, insbesondere die größeren Dimensionen der Wurzeltracheiden im Vergleich zu denen des Stammgipfels, ihre weniger dicken Wände und ihre zahlreichen Tüpfel zeigen, wie sehr zwischen den beiden äußersten Stellen die Ernährungsbedingungen des Kambiums verschieden sind und wie im Verhältnis der organischen und mineralischen Substanzen bald diese, bald jene den Holzelementen ihren vorwiegenden Charakter verleihen. Wie die Verschiedenheit der Holzelemente in verschiedener Höhe, so muß auch ihre Verschiedenheit in der Jahresringbreite von dem jeweiligen Verhältnis $\frac{M}{O}$ einschließlich der damit zur Verfügung stehenden Wassermenge abhängen. *Das Überwiegen der mineralischen Ernährung im Frühling scheint den Weitholzcharakter, das der organischen Ernährung im Spätsommer den Engholzcharakter zu bedingen. Allerdings muß dabei berücksichtigt werden, daß das Fehlen der maximalen Streckungstendenz hauptsächlich auf Rechnung der geringeren Nährsalz- und Wasserzufuhr zu setzen ist, die auf den geringeren Wurzeldruck im Spätsommer zurückzuführen ist. Die Verdickung der Membran hingegen und ihr hierdurch bedingter größerer Widerstand bei der Streckung ist eine Folge größerer Zufuhr organischen Materials, besonders von Kohlehydraten.*

Wenn wir in der Menge des Wassers und in der Zusammensetzung und Konzentration der aufgenommenen Substanzen die Ursache sehen, die das Kambium zu dieser oder jener Wachstumsform determinieren, so dürfen wir nicht vergessen, daß das endgültige Reaktionsergebnis wesentlich mitbestimmt ist durch die spezifische Struktur der lebenden Substanz der Jungholzzellen. Besonders deutlich zeigen uns diese Tatsache Versuche von *Wieler*, der kleine Pflanzen von Phaseolus multiflorus in Lösungen von Kalisalpeter, Rohrzucker, Mannit, Gummi und zitronensaurem Kalium kultivierte und sie mit in Leitungswasser gezogenen Exemplaren verglich. Die Querschnitte stammten aus den untersten Internodien. Es zeigte sich, daß bei den Pflanzen in Lösungen die radiale Streckung der Gefäße bedeutend geringer war als bei den in Leitungswasser gezogenen. Das mußte von vornherein erwartet werden, da den Lösungen ein gewisser osmotischer Überdruck zukommt, der zu einem Wasserentzug der Gewebe und damit auch zu einer geringeren Streckung der Elemente führt. Von Bedeutung war aber das Ergebnis, daß die Verminderung der Gefäßgröße nicht in eine strenge Abhängigkeit von der osmotischen Kraft der betreffenden Lösungen gebracht werden konnte, auch nicht zurückzuführen war auf ein ungleiches Eindringen dieser Lösung. Es ergab sich, daß die Gefäße in einer Lösung von zitronensaurem Kalium, die mit 1 % Kalisalpeter isotonisch ist, außerordentlich klein bleiben, sehr viel kleiner sogar als in einer 5,46 proz. Mannitlösung, die mit 2 % Kalisalpeter isotonisch ist. Hieraus dürfte unzweifelhaft hervorgehen, daß die geringere Streckung hier nicht aus den Wassergehaltsdifferenzen im Kambium sich erklären läßt. Da Zitronensäure für die Plasmahaut überdies leicht passierbar ist, kann sie ihre wasserentziehende Kraft nur wenig geltend machen. Man ist wohl gezwungen, die beobachtete Erscheinung als eine spezifische Wirkung des zitronensauren Kaliums aufzufassen und es erscheint wahrscheinlich, daß auch die anderen Stoffe ähnliche spezifische Wirkungen auf das Plasma und seinen Ernährungszustand ausüben. *Wieler* hatte schon früher gezeigt, daß das sekundäre Dickenwachstum an Keimlingswurzeln von Phaseolus multiflorus durch Kultur in verdünnten Glycerinlösungen sehr wesentlich beeinflußt werden kann. Während das Längenwachstum der Wurzeln zum Stillstand kommt, wächst das Kambium ganz energisch in die Dicke. Die Streckung der Elemente

in radialer Richtung ist sehr bedeutend. Das gebildete sekundäre Holz besteht aber wesentlich nur aus Parenchym und Libriformfasern. Gefäße fehlen fast ganz.

Bei all diesen Versuchen ist es unentschieden, inwieweit das Wasser und die einwirkenden Substanzen das osmotische System der Zellen unmittelbar verändern oder durch ihre spezifische Wirkung auf die lebende Substanz das Reaktionsergebnis modifizieren. Im letzten Falle ist es nicht mehr möglich, sie in ein einfaches quantitativ bestimmtes Funktionsverhältnis zu dem Reaktionsergebnis zu setzen. In diesem Kausalverhältnis bezeichnen wir sie als „auslösende" Ursachen oder „Reize", in Rücksicht darauf, daß sie die Wachstumsform des embryonalen Gewebes determinieren, auch als „formative" Reize.

(Schluß folgt.)

Besprechungen.

Lange, Otto, Die Zwischenprodukte der Teerfarbenfabrikation. Ein Tabellenwerk für den praktischen Gebrauch, nach der Patentliteratur bearbeitet. Leipzig, O. Spamer, 1920. XXIV, 645 S. und 1 Tabelle. Preis geh. M. 135,—; geb. M. 150,— + Teuerungszuschlag.

Die literarische Tätigkeit auf dem Gebiete der technischen Chemie war durch den Weltkrieg nahezu lahmgelegt, nicht zum wenigsten auch aus der Befürchtung, Arbeiten zu publizieren, aus denen das feindliche Ausland Nutzen ziehen konnte. Nur eine Klasse von Publikationen blieb von diesen Bedenken unberührt; die Referiertätigkeit und die Herausgabe von Sammelwerken wurde nicht nur in dem früheren Umfang fortgesetzt, sondern noch wesentlich ausgedehnt und erweitert. Hier galt es nicht nur in eigenem Interesse auf der Höhe zu bleiben, sondern auch die bisher allgemein anerkannte Suprematie gegenüber ausländischen Konkurrenzbestrebungen aufrechtzuerhalten und die gesamte chemische Welt auch in Zukunft von deutscher Literatur abhängig zu machen. In richtiger Erkenntnis der Wichtigkeit dieser Momente hat namentlich auch die deutsche chemische Industrie nicht gezögert, Millionenopfer zu bringen, um den Ausbau und die Fortführung beispielsweise des chemischen Zentralblatts, der Tabellen von *M. M. Richter*, des Handbuchs von *Beilstein*[1]) u. a. zu ermöglichen.

Diesen Publikationen schließt sich, in sehr viel bescheidenerem Umfang, das Werk von *Lange* für ein verhältnismäßig kleines Spezialgebiet an. Es bringt eine Zusammenstellung der wichtigen Verbindungen, die seit ca. 50 Jahren als Zwischen- und Ausgangsprodukte für die Darstellung von Teerfarbstoffen und pharmazeutischen Produkten benutzt wurden nebst deren der Patentliteratur entnommenen Darstellungsmethoden und wichtigsten Eigenschaften. Auch hierbei wird noch eine engere Auswahl getroffen, indem nur die Zwischenprodukte der *aromatischen* Reihe (Benzol-, Naphthalin- usw. -derivate) berücksichtigt werden, die allerdings die überwiegende Majorität bilden.

Die Herausgabe des Werks kommt einem unbestreitbaren Bedürfnis entgegen. Die letzte Auflage des „Beilstein", den man bisher zu Rate zog, schließt in seinem letzten Ergänzungsband mit 1903 ab; die Fertigstellung der in Arbeit befindlichen neuen Auflage beansprucht noch viele Jahre. Überdies hatte darin bisher die für den Techniker ausschlaggebende Patentliteratur noch nicht die genügende Berücksichtigung gefunden. Die chemischen Patente selbst sind seit 1877 in 12 dicken Bänden geordnet herausgegeben[1]), aber ein Generalregister dazu fehlt noch; das Aufsuchen einer Verbindung, deren Darstellung häufig in mehreren Patenten verschiedener Klassen beschrieben ist, gestaltete sich daher zu einer mühsamen und sehr zeitraubenden Arbeit.

Die Herausgabe rechtfertigt sich noch aus einem anderen Grunde. Die Zahl der neu beschriebenen Zwischenprodukte hat im letzten Dezennium stark abgenommen; Verbesserungen der Darstellungsverfahren werden nur selten noch patentiert, das Gebiet scheint zu einem gewissen Abschluß gekommen zu sein und damit der Zeitpunkt gegeben, einen zusammenfassenden Rückblick über das ganze Gebiet zu bringen.

Der Wert eines Werks wie das vorliegende wird bedingt durch die Vollständigkeit des Materials und vor allem durch dessen übersichtliche Anordnung. Um ein bestimmtes Zwischenprodukt zu finden, ist zwar am Schluß ein in herkömmlicher Weise hergestelltes Namensregister gegeben, aber die Nomenklatur ist nun einmal ein Schmerzenskind der organischen Chemie und die Benutzung jeden solchen Registers bietet an sich schon Unbequemlichkeiten. Verf. hat deshalb den neuen, für das Gebiet durchführbaren und auch fast durchweg gelungenen Versuch gemacht, die einzelnen Zwischenprodukte so anzuordnen, daß man sie auch *ohne jedes Register* leicht und schnell finden kann.

Maßgebend für die Anordnung ist nicht die chemische Bezeichnung, nicht der *Name* einer chemischen Verbindung, sondern ihr jedem Chemiker geläufiges *Formelbild*, aus dem man sieht, von welcher *Stammsubstanz* sich die betreffende Verbindung durch Substitution ableitet. Der Begriff der Substitution ist dabei von *Lange* etwas weiter gefaßt als meist üblich. Zu den substituierten Benzolen z. B. gehören nicht nur Halogen-, Nitro-, Amino-, Sulfo-, Hydroxylderivate, sondern auch die Homologen, ferner Aldehyde, Karbonsäuren, überhaupt Verbindungen, die offene Kohlenstoffketten enthalten, wie Zimtsäure usw. Von Benzolderivaten dieser Kategorie sind in dem Werk aus der Patentliteratur nicht weniger als 1199 aufgeführt; trotzdem ist es leicht, eine gesuchte Verbindung sofort zu finden, wenn man ihre Formel so schreibt, daß die vorhandenen Substituenten stets in der Reihenfolge: Halogen, Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel, Sauerstoff stehen. (Für die Aufeinanderfolge der verschiedenen Stickstoffsubstituenten: NO, NO_2, NH_2, N_2, ebenso bei Schwefel: SH, SO, SO_2, SO_2H, SO_3H muß man sich ein weiteres Anordnungsprinzip einprägen.) Sucht man beispielsweise nach einer Chlortolylthioglykolsäure, so wird man zunächst die Formel mit den Substituenten in der angegebenen Reihenfolge schreiben, also $C_6H_3ClCH_3SCH_2COOH$ und wird dann auf Grund dieses Formelbildes die Verbindung unter der Rubrik: „Benzol mit drei Substituenten" unschwer finden.

Nach demselben Schema sind die einfachen Substitutionsprodukte des *Naphthalins* (549 Verbindungen) *Anthracens* (39) und *Anthrachinons* (364) angeordnet.

Für die komplizierter zusammengesetzten Zwischenprodukte — und das sind fast die Hälfte — reicht aber dies einfache und übersichtliche Ein-

[1]) Vgl. *P. Jacobson*, Naturwissensch. 1919, 5.

[1]) *P. Friedlaender*, Fortschritte der Teerfarbenfabrikation, 12 Bände, 1877—1916. Verlag von Julius Springer.

teilungsprinzip nicht aus. An die Substitutionsprodukte des Benzols (Naphthalins, Anthracens) schließt deshalb *Lange* die Verbindung an, welche *mehrere* Benzol-(Naphthalin- usw.)Reste im Molekül enthalten. Dieselben können entweder direkt miteinander verbunden sein, wie im Diphenyl, oder durch Atome oder Ketten von Atomen, die aus Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff oder Schwefel bestehen. Dadurch ergeben sich eine Reihe weiterer Stammtypen wie (B = Benzol), B—C—B (Diphenylmethan, Benzophenon), B—N—B (Diphenylamin), B—O—B (Diphenyloxyd), B—S—B (Diphenylsulfid), ferner B—C—C—B, B—C—N—B, B—C—O—B, B—C—S—C—B, u. a. m., die übersichtlich angeordnet werden können und deren Substitutionsprodukte nach denselben Gesichtspunkten gruppiert werden, wie die der einfachen Kohlenwasserstoffe.

Aber auch diese Stammkörper reichen noch nicht aus; es erweist sich als notwendig, noch die Verbindungen heranzuziehen, die zwei Benzol- usw. Reste durch Fünf- und durch Sechsringe verbunden enthalten, wie einerseits Fluoren, Karbazol u. a., andererseits Acridin, Xanthon, Phenazin, Oxazin usw. und endlich die zahlreichen Verbindungen, die aus Benzolkernen mit angegliederten Fünf- und Sechsringen bestehen, wie Inden, Indol, Cumaran, Thionaphthen, Indazol, Benzimidazol, Chinolin u. a. m.

Hiermit ist man aber an der Grenze der Übersichtlichkeit angelangt. Bei Verbindungen, die sich aus solchen Ringsystemen und Benzol- usw. Resten, verbunden durch offene Ketten, zusammensetzen, wird es häufig zweifelhaft sein, in welcher Gruppe man sie zu suchen hat. Aber glücklicherweise sind derartig komplizierte Gebilde unter den Zwischenkörpern selten, und für die überwiegende Majorität reicht das Einteilungsprinzip durchaus aus. Hat man sich dasselbe einmal zu eigen gemacht, so gelingt es in der Tat, eine gesuchte Verbindung schnell und sicher zu finden, wobei man noch durch einen sehr zweckmäßigen Drucksatz bestens unterstützt wird.

Die Vollständigkeit des gebotenen Materials (3637 Verbindungen nebst Darstellungsmethoden und Eigenschaften) ist eine sehr befriedigende. Warum allerdings die geringe Zahl der elektrolytischen Darstellungsmethoden, z. B. für p-Aminophenole aus Nitroverbindung, oder einige Spezialfabrikationen, wie bei Salicylsäure, nicht aufgenommen wurden, ist nicht recht einzusehen. Andererseits sind wieder Verbindungen als Zwischenprodukte aufgeführt, die als Farbstoffe schon Endprodukte sind, wie Alizarin. Die Grenzen sind hier fließend, aber es ist eher zu viel als zu wenig gebracht, und man wird auf jede sachgemäße Frage eine zutreffende und fast stets erschöpfende Antwort erhalten.

Die verdienstvolle Arbeit bildet jedenfalls eine wertvolle Bereicherung unserer chemisch-technischen Literatur. *P. Friedländer, Darmstadt.*

Rohr, M. v., Die binokularen Instrumente nach Quellen bis zum Ausgang von 1910. Zweite vermehrte und verbesserte Auflage. Berlin, J. Springer, 1920. XVII, 303 S., 136 Abbildungen und 1 Tafel. Preis geh. M. 40,—; geb. M. 47,60.

Die zweite vermehrte und verbesserte Auflage der „binokularen Instrumente" von *M. v. Rohr* zeigt „die ständige Arbeit des Verfassers an dem ihm liebgewordenen Gegenstand". Gründliche Quellenarbeit und eingehende Sachkenntnis charakterisieren das Buch und machen es zu dem maßgebendsten auf dem Gebiete der binokularen Instrumente, auf dem wohl ein gleich umfassendes Werk nicht existiert.

In der Anordnung entspricht die zweite Auflage der ersten. Das Buch gliedert sich in einen theoretischen, einen historischen und einen systematischen Teil. Reicht der historische Teil der ersten Auflage bis zum Ende des vergangenen Jahrhunderts, so enthält er in der zweiten noch das erste Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts. Außerdem sind der fortschreitenden Arbeit des Verfassers zahlreiche Neueinschaltungen bzw. Umgestaltungen zu danken. Es ist nicht möglich, in einem kurzen Bericht den reichen Inhalt des Werkes eingehend zu schildern; deswegen kann hier nur ein kurzer Überblick gegeben werden über das, was neu gebracht wird. Die Darstellung des umfangreichen Stoffes ist selbstverständlich verhältnismäßig knapp, so daß bei eingehenderem Studium einzelner Fragen die Heranziehung der von *v. Rohr* regelmäßig angegebenen Originalschriften gute Dienste leisten wird.

Der theoretische Teil stützt sich auf die Lehren der geometrischen Optik. Überhaupt finden physiologische oder psychologische Fragen nur gelegentlich im Laufe der geschichtlichen Darstellung Erwähnung; auch das photographisch-chemische Gebiet fällt außerhalb des Rahmens der vorliegenden Schrift. Die beiden Abschnitte des theoretischen Teils: „Das Sehen mit einem einzelnen Auge" und „Das Sehen mit beiden Augen" sind ziemlich unverändert in die neue Auflage übernommen. Allerdings sind hier, wie auch in den übrigen Teilen des Buches, soweit angängig, an Stelle der Fremdworte deutsche Bezeichnungen getreten. Die Abbildungen 1 und 2 der 1. Auflage sind durch zwei neue ersetzt.

Der zweite historische Teil, der, wie bereits eingangs erwähnt wurde, neben einer Umgestaltung gewisser Abschnitte eine starke Vermehrung des Inhalts gegenüber der 1. Auflage zeigt, ist auch mit einer bedeutend größeren Zahl von Abbildungen ausgestattet worden. Es soll hier nur unsere Aufgabe sein, das Wichtigste, was in der neuen Auflage hinzugetreten ist, kurz anzudeuten. Zunächst wollen wir aber die Überschriften der einzelnen Abschnitte angeben, die, wenn sie auch ziemlich unverändert aus der alten Auflage übernommen sind, zweckmäßig hier noch einmal genannt werden, da sie uns einen Überblick über die Anordnung des Stoffes geben. Es sind dies:

1. Die Zeit vor Wheatstone,
2. Das Spiegel-Stereoskop Ch. Wheatstones und die Zeit bis zur Verbreitung des Brewsterschen Prismen-Stereoskops,
3. Die Zeit der allgemeinen Freude am Stereoskop in den 50er Jahren,
4. Der Niedergang der Stereoskopie in den 60er Jahren,
5. Der Tiefstand der Bewertung in den 70er und 80er Jahren,
6. Das Erwachen der Teilnahme in den 90er Jahren,
7. Der allgemeine Fortschritt im ersten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts.

Der erste Abschnitt, der also die Zeit vor *Wheatstone* behandelt, ist wesentlich verändert. Er geht zurück bis auf die Optik *Euklids*, wo sich bereits eine Bemerkung über das beidäugige Sehen befindet. Für die weitere Entwicklung der wissenschaftlichen Behandlung des beidäugigen Sehens vom Altertum bis ins Mittelalter hinein kann *v. Rohr* Männer klangvollsten Namens nennen, wie *Galenus, Ptolemäus, Leonardo da Vinci, Kepler* und *Descartes;* von diesen ist wohl *Kepler* für das vorliegende Gebiet

von der größten Bedeutung. Im Anschluß an *J. B. Porta*, der den wohl schon den Griechen bekannten Spiegelversuch beschrieb (Spiegelfechterei) und mit Hilfe von Sammellinsen helleuchtende Gegenstände zwischen der Linse und dem Beschauer, gleichsam in der Luft schwebend, abbildete, hat *Kepler* deutlich hervorgehoben, daß bei einäugiger Betrachtung das Luftbild (er hatte es durch eine mit Wasser gefüllte Glaskugel erzeugt) auf der dem Auge zugekehrten Seite der Kugel zu haften scheine, während es, beidäugig und mit Hilfe eines Sehzeichens betrachtet, deutlich zwischen Linse und Beobachter in der Luft schwebe. Ferner hat *Kepler* die Ansicht ausgesprochen, daß das Vorhandensein der beiden durch eine Standlinie getrennten Augenmitten (modern ausgedrückt: der Augendrehpunkte) die Möglichkeit einer Entfernungsmessung ergebe. Auch die Arbeiten noch zahlreicher anderer Männer, die das beidäugige Sehen wissenschaftlich untersuchten, werden angeführt und mehr oder weniger ausführlich besprochen. Hier soll auf ein weiteres Eingehen darauf verzichtet werden.

In einem zweiten Unterteil des Abschnittes über die Zeit vor *Wheatstone* werden die optischen Vorkehrungen der Brillenmacher und die Ausbildung des holländischen Doppelfernrohres behandelt. Es sei hier nur darauf verwiesen, daß die Ergebnisse der bekannten Arbeiten *v. Rohrs* über die Brille, insbesondere auch über ihren geschichtlichen Werdegang, an dieser wie auch an weiteren Stellen unseres Buches mit verwendet sind und so zur Bereicherung des Inhalts beitragen. Interessant ist die Mitteilung, daß, wenn auch das erste Auftreten der mit Gläsern zur Unterstützung fehlsichtiger Augen ausgestatteten Brillen (nach einer Bemerkung des Arztes *Paulus von Aegina* wurden schon vor 14 Jahrhunderten für Schielende Lochbrillen in der Form einer Halbmaske verordnet) noch in ziemliches Dunkel gehüllt ist, so doch soviel als sicher behauptet werden kann, daß 1352 schon die beidäugige Altersbrille abgebildet worden ist.

Wie bereits bemerkt, haben die übrigen Abschnitte des geschichtlichen Teils eine so weitgehende Umgestaltung wie der erste gegenüber der alten Auflage nicht gefunden. Die immerhin zahlreichen Einfügungen sind zum Teil schon dem Inhaltsverzeichnis zu entnehmen. Ganz neu ist selbstverständlich der Abschnitt 7, der das erste Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts umfaßt. Er beginnt mit den Arbeiten an der beidäugigen Brille. *v. Rohrs* Verbesserungen an der von *C. Zeiß* ausgeführten Fernrohrbrille hinsichtlich der Hebung des Astigmatismus schiefer Büschel seien hier erwähnt. Es folgt weiter die Besprechung der binokularen Lupen und Mikroskope. Auch hier treffen wir wieder auf *v. Rohrs* Namen, der im Verein mit *O. Henker* Prismenlupen vorschlägt. Ohne nähere Behandlung wird auf das stereoskopische Ophthalmoskop *Gullstrands*, des um die Optik so verdienten Gelehrten, verwiesen, da die eingehendere Beschreibung dieses Gerätes erst in dem zweiten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts erschienen ist. Von den beiden nächsten Abschnitten beschäftigt sich der erste mit den nicht vergrößernden binokularen Instrumenten mit ununterbrochener Abbildung und der zweite mit Doppelfernrohren. In letzterem werden die beiden Zeißinstrumente Hypoplast nach *R. Straubel* und Hyposkop nach *A. König*, die, für militärische Zwecke gedacht, ähnlich wie die Scherenfernrohre, eine sehr erhebliche Steigerung der Tiefenwahrnehmung gestatten, behandelt. Das an dortiger Stelle genannte Goerzische Theaterglas Fago führt dagegen zu einer Verminderung der Tiefenwahrnehmung. Aus dem Abschnitt über beidäugige Entfernungsmesser sei nur *C. Pulfrichs* Arbeit am Stereokomparator gedacht. Des weiteren folgen Abschnitte über neue Aufnahmeverfahren, die Aufnahmekammern, farbige Halbbilder und die Stereoskope. Von diesen letzteren werden eine große Anzahl neuer Verfahren oder Geräte besprochen. Erwähnt sei nur der v. Rohrsche Doppelverant. Ein Abschnitt über die theoretischen Ansichten des behandelten Zeitraumes beschließen den geschichtlichen Teil des Buches.

Der dritte systematische Teil stellt sich die Aufgabe, den reichen Stoff, der in den vorhergehenden Abschnitten im wesentlichen in historischer Folge behandelt ist, und von dem hier nur durch beispielsweises Herausgreifen der einen oder anderen Untersuchung oder Apparatur eine Andeutung gegeben werden konnte, nach gewissen, aus der Art des Abbildungsvorganges sich ergebenden Gesichtspunkten zu ordnen. Im wesentlichen stimmt dieser Abschnitt mit dem entsprechenden der ersten Auflage überein.

Ein umfangreiches Namensverzeichnis, in dem man die berücksichtigten Originalarbeiten verzeichnet findet, beschließt das wertvolle Werk, dessen Lektüre jedem, der in das Wesen der binokularen Instrumente tiefer einzudringen wünscht, zu empfehlen ist.

W. Merté, Jena.

Zuschriften an die Herausgeber.

Inwiefern läßt sich die moderne Gravitationstheorie ohne die Relativität begründen?

Der Widerstand, der sich gegen die neue Gravitationstheorie erhoben hat, ist hauptsächlich aus der ihr von *Einstein* gegebenen Begründung durch die allgemeine Relativitätslehre entstanden, und es wäre deshalb wünschenswert, die Lehre von der Gravitation unabhängig von dem allgemeinen Relativitätspostulat zu fundieren.

Da die Schwere als eine der Materie innewohnende Kraft ihre Wirkung in Beschleunigung äußert, schien es *Einstein* erfolgreich, die von ihm begründete und von *Minkowski* mathematisch formulierte besondere Relativitätstheorie der gleichförmigen Bewegungen auf beschleunigte auszudehnen. Dies gelang auch mathematisch, für einige der einfachsten Fälle, wie das homogene Feld und die gleichmäßig beschleunigte Bewegung oder das Drehfeld und die gleichförmige Drehung, sogar durch bloße Koordinatentransformation, so daß *Einstein* zur Aufstellung des Äquivalenzprinzips, d. h. des Grundsatzes der Gleichwertigkeit eines kräftefreien beschleunigten und eines der Gravitation unterworfenen ruhenden oder gleichförmig bewegten Systems gelangte. Aber einmal konnte man die in der Welt wirklich vorkommenden Gravitationsfelder, selbst das des einzelnen Massenpunktes, mit der bloßen Koordinatentransformation nicht fassen; das Gravitationsfeld kann ebensowenig her- wie wegtransformiert werden; dann aber führte die physikalische Deutung der Äquivalenztransformationen auf schlimme Abwege, selbst wenn man sich mit *Kottler*[1]) auf die wenigen Fälle beschränkt, bei denen die Starrheit des Bezugskörpers erhalten bleibt. Man muß mit fingierten Kräften arbeiten, und der Versuch, der sich in wenigen Fällen wohl mathematisch durchführen läßt, diese als gleichwertig mit wirklichen Kräften nachzuweisen, führt zu schweren Verstößen gegen den Satz

[1]) *F. Kottler*, Ann. d. Phys. *44*, S. 701 (1914); *45*, S. 481 (1914); *50*, S. 955 (1916); *56*, S. 401 (1918).

vom zureichenden Grunde. Dies ist besonders bei dem Drehfeld der Fall, wo man, wie das *Kottler* (Ann. d. Phys. *56*, S. 461, 1918) ausgeführt hat, zu dem Ergebnis kommt, daß in ihm sich die fingierten Kräfte, wie die Zentrifugal- und die Corioliskraft, als wirkliche Feldkräfte wiederfinden. Diese sind aber von der Masse der rotierenden (Voll- oder) Hohlkugel ganz unabhängig und richten sich nur nach der Drehgeschwindigkeit und dem Abstand von der Achse. Dies Beispiel zeigt überhaupt die Unhaltbarkeit der überspannten allgemeinen Relativitätstheorie; *Ptolemäus* hat nicht Recht, sondern *Kopernikus*. Wenn *Einstein* meint, daß von den Bewohnern zweier isolierten, gegeneinander um ihre Verbindungslinie sich drehenden, voneinander genügend fernen Weltkörpern der eigene als Kugel, der andere als Ellipsoid angesprochen würde, so möchte ich das sehr bezweifeln. M. E. würden die Erdbewohner, selbst wenn ihnen der Anblick des Himmels ewig versagt geblieben wäre, doch nach genauer Ausmessung ihres Planeten mit ungeheuer viel größerer Wahrscheinlichkeit diesen als abgeplattetes Ellipsoid erklärt als an eine Veränderung des Maßstabes bei Entfernung von der Achse geglaubt haben. Diese müßte natürlich weit größer als die Lorentzkontraktion der besonderen Relativitätstheorie und eine Funktion der Erdschwere wie der Drehgeschwindigkeit sein, und durch sie müßte ja doch gerade wieder die Achse eine ausgezeichnete Lage erhalten, was ja doch nach der Relativitätstheorie nicht eintreten sollte! — Ein anderes Beispiel, das Dr. *Remy* (Unsere Welt, Monatsschrift des Keplerbundes 1920, Heft 3) anführt, betrifft ebenfalls zwei isolierte Weltkörper, die infolge ihrer Schwere umeinander rotieren. Auch hier kommt man zum Widersinn, wenn man annimmt, daß diese Drehung nur in bezug auf andere ferne Massen festgestellt werden könnte, ja daß es unmöglich wäre, den Druck oder Zug, den beide Massen auf eine zwischen ihnen ausgespannte elastische Feder ausüben, festzustellen, wenn diese fernen Bezugskörper fehlten. Denn in diesem Falle würde der Begriff der Rotation beliebig vieldeutig, da man nicht wüßte, worauf sie zu beziehen wäre. Nun will doch wohl aber niemand behaupten, daß es derartige Zweikörperbewegungen gibt, auf die andere Massen so wenig Einfluß haben, daß er fast ganz vernachlässigt werden könnte; rechnen wir doch für alle Planetenbewegungen mit diesen Vernachlässigungen in erster Annäherung, und wollen doch *Einstein* und *Remy* die fremden Massen nur als Bezugskörper für die Rotation, nicht als Störer des Gravitationsfeldes der zwei Körper haben. Nehmen wir einmal Erde und Sonne als Beispiel — das Gedankenexperiment mit der elastischen Feder ist überflüssig, denn wir können die Annäherung der Erde an die Sonne, was einer Verstärkung des Druckes auf die Feder entsprechen würde, einfach an der Zunahme der scheinbaren Größe der Sonne erkennen —, so hätte man auch ohne die Betrachtung des Fixsternhimmels zur Erkenntnis der Jahresperiodizität selbst in dem Falle kommen können, wenn die Erdachse auf ihrer Bahn senkrecht stünde. Es wäre selbstverständlich schwierig gewesen, aus der periodischen Zu- und Abnahme des scheinbaren Sonnendurchmessers zur Erkenntnis der jährlichen Bewegung der Erde zu gelangen; aber unmöglich wäre es bei genügender mathematischer Durchbildung sicher nicht gewesen. Selbst wenn aber der Abstand beider Weltkörper in dem unendlich unwahrscheinlichen Falle der genauen Kreisbewegung dauernd derselbe bliebe, müßte doch schließlich das Studium der allgemeinen mechanischen Gesetze die Menschen von der Notwendigkeit der Annahme einer Bewegung der Erde und der Sonne um ihren gemeinsamen Schwerpunkt überzeugt haben. Es bleibt also dabei, daß Rotationen auch ohne „Bezugskörper" erkannt und richtig gedeutet werden müssen, wenn man nicht zu ganz wilden Theorien über die Veränderung der Maßstäbe von Zeit und Raum seine Zuflucht nehmen will.

Nicht so einfach ist es zu entscheiden, ob man sich ruhend (oder gleichförmig bewegt) in einem homogenen Gravitationsfelde oder in gleichmäßiger Beschleunigung befindet. Wir sind nun aber durch unsere irdischen Beobachtungen gewöhnt, beim Auftreten einer solchen im Gegensatze zu einer gleichförmigen Bewegung stets nach einer Ursache zu forschen, und haben sie im Weltenraum auch immer in Gestalt der Gravitation gefunden. Es wäre deshalb widersinnig, nun auf einmal davon absehen zu wollen, besonders wenn man das Wesen der Gravitation erklären will. Man wird also stets das Rechte treffen, wenn man sich im Zweifelsfalle für das Gravitationsfeld entscheidet. Etwas wie das Seil an dem Einsteinschen Kasten kann es wohl in Gedanken, aber nicht in Wirlichkeit geben.

Wenn wir uns die Sachlage richtig überlegen, so befinden wir uns ja alle in solch einem Einsteinschen Kasten, nämlich in einem begrenzten Teil des Weltalls, den unsere Instrumente beherrschen. Und ich meine, die folgerichtige Durchführung dieses Gedankens kann uns ohne die erkenntnistheoretisch bedenklichen Begründungen *Einsteins* zu dem von ihm erstrebten Ziele, der Notwendigkeit allgemeiner Kovarianz der Naturgesetze, führen. Im bewußten Gegensatz zu *Einstein* behaupte ich, daß unser Bewegungszustand bis auf gleichförmige Translationen an sich feststellbar ist — aber nur für einen allerkennenden Geist. Wir jedoch mit unserer beschränkten Erfahrung können niemals wissen, ob wir nicht durch Neuentdeckung weiterer Massen zu neuen Annahmen über den Bewegungszustand gezwungen werden. Sollen diese aber ohne Einfluß auf die von uns aufgestellten Naturgesetze sein, für die wir doch Allgemeingültigkeit fordern, so müssen diese eine allgemein kovariante Gestalt haben. Indem wir ihnen diese geben, machen wir uns eben unabhängig von der uns auferlegten Beschränkung und feiern damit einen der schönsten Triumphe, indem wir uns in diesem Punkte auf den Standpunkt des allerkennenden Geistes erheben, einen Triumph, den uns nur die voraussetzungsloseste Wissenschaft, die Mathematik, ermöglicht.

Damit ist wieder etwas Absolutes eingeführt, wenn ich behaupte, daß es bis auf gleichförmige Translationen einen Bewegungszustand[1]) für alle beobachteten Körper gibt, den wir nur nicht vollständig erkennen können, dessen Erkennen wir uns aber asymptotisch nähern. Mathematisch gesprochen stelle ich mich damit — wieder im Gegensatz zu *Remy* — auf den Standpunkt *Minkowskis*, wenn ich als dies Absolute die vierdimensionale Welt anspreche. Sie ist aber nicht mehr die Minkowskische, sondern durch die in ihr enthaltenen Massen verzerrt, woraus alle Gravitationswirkungen entspringen. Diese Erkenntnis vom Wesen der Gravitation ist ja das schöne Ergebnis, zu dem *Einstein* auf dem Umwege über die allgemeine Relativitätstheorie gelangte. Daß dieser nicht nötig ist, glaube ich gezeigt zu haben, wenn ich in

[1]) Diesem Zustand werden wir dann aber auch — bis auf Lorentztransformationen — nur durch ein bevorzugtes Koordinatensystem gerecht, das *Mie* als das vernunftgemäße bezeichnet (Ann. d. Phys. *62*, S. 46, 1920).

meiner Arbeit über die Grundlagen einer Theorie der Elektrizität und der Gravitation (Ann. d. Phys. *52*, 134, 1917) die Verzerrung als Folgerung der elektrischen Wirkungen einführte, wenn ich auch nicht sagen will, daß der damals von mir beschrittene Weg in allen Einzelheiten richtig war; aber in der Hauptsache führte er zu dem richtigen Ziel, der Erkenntnis der Gravitation als Folge der Verzerrung des vierdimensionalen Raumzeitkontinuums.

Selbstverständlich muß man gerade diese von mir als das Absolute gesetzte Raumzeitmannigfaltigkeit als physikalisch real von allen anderen Mannigfaltigkeiten unterscheiden, denen diese Eigenschaft nicht zukommt, sofern sie nicht etwa in jener als Untermannigfaltigkeiten enthalten sind. Sie umfaßt dann sowohl den Äther als die Materie, die sich nur durch ihren Krümmungscharakter unterscheiden, da für ersteren die Krümmung 0, für letztere von 0 verschieden ist. Weltlinien gibt es nur für materielle Teilchen, da sie solche Punkte verbinden, deren Krümmungscharakter im wesentlichen der gleiche bleibt. Da aber im Äther die Krümmung stets 0 ist, so ist es unmöglich, ein einzelnes Ätherteilchen in seinem Schicksal zu verfolgen; es geht in der großen Menge seiner Genossen verloren und führt kein individuelles Dasein, womit ich zu einer auch von *Einstein* geäußerten Ansicht komme.

Weshalb nun gerade diese Raumzeitmannigfaltigkeit vor allen anderen durch die Eigenschaft der physikalischen Realität ausgezeichnet ist, läßt sich natürlich nur schwer sagen. Immerhin haben aber für die Tatsache der vierfachen Ausdehnung *Weyl*[1]) und ich[2]) einige Gründe beigebracht, die es erklärlich erscheinen lassen, daß gerade die vierdimensionalen Mannigfaltigkeiten vor den anderen bevorzugt sind. Eine weitere Reihe von Gründen hat *Ehrenfest*[3]) angeführt.

Wilhelmshaven, den 22. Oktober 1920.

Ernst Reichenbächer.

Antwort auf vorstehende Betrachtung.

Die Frage, ob sich die Gravitationstheorie auch ohne Relativitätsprinzip aufstellen und begründen lasse, ist im Prinzip ohne Zweifel mit „ja" zu beantworten. Wozu also das Relativitätsprinzip? Ich antworte zunächst mit einem Vergleich. Die Wärmelehre ist sicherlich ohne Benutzung des zweiten Hauptsatzes entwickelbar; wozu also den zweiten Hauptsatz heranziehen?

Die Antwort liegt auf der Hand. Von zwei Theorien, die der jeweiligen Gesamtheit gesicherter Erfahrung auf einem Gebiete gerecht werden, ist diejenige vorzuziehen, welche weniger voneinander unabhängige Annahmen nötig hat. Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet ist das Relativitätsprinzip für die Elektrodynamik und Gravitationslehre ebenso wertvoll wie der zweite Hauptsatz für die Wärmelehre. Denn es bedürfte vieler unabhängiger Hypothesen, um zu den Folgerungen der Relativitätstheorie zu gelangen, ohne das Relativitätsprinzip zu benutzen. Dies zeigen alle bisherigen Versuche, das Relativitätspostulat zu umgehen.

Abgesehen davon aber ist die Einführung des allgemeinen Relativitätsprinzips auch vom erkenntnistheoretischen Standpunkte aus gerechtfertigt. Denn das Koordinatensystem ist nur *Beschreibungsmittel* und hat an sich nichts zu tun mit *den zu beschreibenden Gegenständen*. Diesem Sachverhalt wird nur das allgemein kovariant formulierte Naturgesetz völlig gerecht; denn in jeder anderen Beschreibungsweise werden Aussagen über das Beschreibungsmittel und Aussagen über den zu beschreibenden Gegenstand miteinander vermengt. Ich führe das Galileische Trägheitsgesetz als Beispiel an. Es lautet in ausführlicher Formulierung notwendig so: Voneinander hinreichend entfernte materielle Punkte bewegen sich geradlinig gleichförmig — *vorausgesetzt, daß man die Bewegung auf ein passend bewegtes Koordinatensystem bezieht und daß man die Zeit passend definiert.* Wer empfindet nicht das Peinliche einer solchen Formulierung? Den Nachsatz weglassen aber bedeutete eine Unredlichkeit.

Ich gehe nun zu den Einwänden bezüglich der relativistischen Theorie des Schwerefeldes über. Da vergißt Herr *Reichenbächer* zunächst das entscheidende Argument, daß nämlich die numerische Gleichheit der trägen und schweren Masse auf eine Wesensgleichheit zurückgeführt werden müsse[1]). Dies wird bekanntlich durch das Äquivalenzprinzip geleistet. Gegen dies Äquivalenzprinzip erhebt er (wie Herr *Kottler*) den Einwand, daß Gravitationsfelder für endliche zeiträumliche Gebiete im allgemeinen nicht wegtransformiert werden können. Er übersieht dabei, daß es hierauf nicht im mindesten ankommt. Wesentlich ist ja nur, daß man berechtigt ist, das mechanische Verhalten eines materiellen Punktes in einem Augenblick nach Willkür (je nach der Wahl des Bezugssystems) auf Schwere oder auf Trägheit zurückzuführen. Mehr ist nicht erforderlich; es ist für die Erzielung der Wesensgleichheit von Trägheit und Schwere nicht erforderlich, daß durch *dieselbe* Koordinatenwahl das mechanische Verhalten *zweier oder mehrerer* Massen als bloße Trägheitswirkung gedeutet werden könne. Es bestreitet ja z. B. auch niemand, daß die spezielle Relativitätstheorie der relativen Natur der gleichförmigen Bewegung gerecht werde, trotzdem sie nicht imstande ist, *durch eine und dieselbe Koordinatenwahl* alle beschleunigungsfreien Körper zugleich auf Ruhe zu transformieren.

Der Fall der wegtransformierbaren Gravitationsfelder ist nur wichtig als ein uns bekannter Spezialfall, der den von uns gesuchten Naturgesetzen sicherlich genügen muß.

Der zweite Einwand ist der, daß die Felder, welche in bezug auf das gegen ein Inertialsystem rotierende Koordinatensystem bestehen (Zentrifugalfelder, Coriolisfelder), nur „fingierte", nicht aber „reale" Felder seien. Dies gilt gemäß *Newtons* Theorie, weil jene Felder nicht das Poissonsche Differentialgesetz erfüllen. Gemäß der allgemeinen Relativitätstheorie erfüllen sie aber die Differentialgleichungen des Feldes und sind infolgedessen in bezug auf das gewählte Koordinatensystem ebenso „real" wie Felder in der Umgebung eines ponderablen Körpers.

Über die Frage, ob jene Felder indirekt auf die Wirkung von Massen zurückgeführt werden sollen oder nicht, sind sich die Anhänger der Relativitätstheorie nicht einig. Ich selbst bin der ersteren Meinung, nach welcher alle auch noch so fernen Massen der Welt am Zustandekommen des Gravitationsfeldes an jeder Stelle mitbeteiligt sind. Ich brauche hier auf diese mit dem

[1]) Ann. d. Phys. *59*, S. 101, 1919.
[2]) Ann. d. Phys. *63*, S. 93, 1920.
[3]) Ann. d. Phys. *61*, S. 440, 1920.

[1]) Statt „Da die Schwere . . . ihre Wirkung in Beschleunigung äußert . . ." hätte Herr *Reichenbächer* sagen sollen „Da die Schwerbeschleunigung unabhängig vom Material und Zustand der durch die Schwerkraft beeinflußten Körper ist." Nur durch die letztere Eigenschaft unterscheidet sich nämlich das Schwerefeld von den übrigen Kraftfeldern.

kosmologischen Problem eng verknüpfte Frage nicht einzugehen, obwohl sie von fundamentaler Bedeutung ist. Denn die Berechtigung bzw. Überlegenheit der Relativitätstheorie kann ohne Entscheidung über jene ferner liegende Frage beurteilt werden, die letzten Endes doch nur von der Fixstern-Astronomie wird entschieden werden können.

Meine Betrachtung über die beiden relativ zueinander rotierenden Himmelskörper hat Herr *Reichenbächer* mißverstanden. Der eine dieser Körper ist als rotierend im Sinne der Newtonschen Mechanik und infolgedessen durch Zentrifugalwirkung abgeplattet zu denken, der andere nicht. Dies würden die Bewohner mit starren Maßstäben konstatieren, sich mitteilen und dann nach der Realursache für das verschiedene Verhalten der Himmelskörper fragen. (Mit der Lorentz-Verkürzung hat diese Betrachtung nichts zu schaffen.) *Newton* antwortet auf diese Frage durch „Real-Sprechung" des absoluten Raumes, gegen den der eine nicht, aber der andere rotiere. Ich selbst bin der Machschen Ansicht, welche sich in der Sprache der Relativitätstheorie etwa so formulieren läßt: Alle Massen der Welt zusammen bestimmen das $g_{\mu\nu}$-Feld und dieses ist, von dem ersten Weltkörper aus beurteilt, ein anderes als von dem zweiten aus beurteilt, weil ja auch die Bewegungen jener das $g_{\mu\nu}$-Feld erzeugenden Massen, von beiden Systemen aus beschrieben, höchst verschiedene sind. Die Trägheit ist nach meiner Auffassung im gleichen Sinne eine (vermittelte) Wechselwirkung zwischen den Massen der Welt wie diejenigen Wirkungen, welche die Newtonsche Theorie als Gravitationswirkungen betrachtet. Was Herr *Reichenbächer* über das Zweikörperproblem sagt, ist von diesem Standpunkte aus durchaus unrichtig. Der Umstand, daß man die Wirkung aller übrigen Weltkörper, außer den beiden betrachteten, durch ein quasi-konstantes $g_{\mu\nu}$-Feld approximieren kann, ist nicht zu verwechseln mit der Aussage, daß jene Weltkörper keinen Einfluß auf die betrachteten zwei Körper hätten.

Wie Herr *Reichenbächer* gegen den Schluß seiner Überlegungen in dem „Wenn wir uns die Sachlage richtig überlegen" eingeleiteten Absatz nach allem vorher Gesagten zu der Konsequenz kommt, daß man den Naturgesetzen eine allgemein kovariante Form geben müsse, ist mir ganz unverständlich. Wenn nämlich die Beschleunigung absolute Bedeutung hat, so sind die unbeschleunigten Koordinatensysteme von Natur bevorzugt, d. h. die Gesetze müssen dann — auf sie bezogen — andere (und einfachere) sein, als auf beschleunigte Koordinatensysteme bezogen. Dann hat es keinen Sinn, die Formulierung der Gesetze dadurch zu komplizieren, daß man sie in allgemein kovariante Form preßt.

Sind umgekehrt die Naturgesetze so beschaffen, daß sie durch die Wahl von Koordinatensystemen besonderen Bewegungszustandes nicht eine bevorzugte Gestalt annehmen, dann wird man auf die Bedingung der allgemeinen Kovarianz als Forschungsmittel nicht verzichten. Wenn man überdies annimmt, daß für das infinitesimale Meßsystem (im ∞-Kleinen) die spezielle Relativitätstheorie gilt, und daß die aus dieser Voraussetzung fließenden $g_{\mu\nu}$ das Gravitationsfeld beschreiben, so steht man auf dem Boden der allgemeinen Relativitätstheorie. Ob dies bei Herrn *Reichenbächer* der Fall ist oder nicht, habe ich aus seinen Ausführungen nicht entnehmen können.

Berlin, den 20. November 1920. *A. Einstein.*

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Der diesjährige Nobelpreis für Medizin ist einem in weitesten Kreisen des Auslandes nicht nur, sondern wohl auch seines Heimatlandes Dänemark unbekannten, aber nichtsdestoweniger ausgezeichneten Forscher, dem Kopenhagener Professor *August Krogh* zugefallen, der vorjährige dem Direktor des Brüsseler Pasteurinstituts *Jules Bordet*.

Krogh kam nicht, wie dies meist der Fall ist, von der Medizin, sondern von der Zoologie zur Physiologie. Das war für seine Forschungen von großem Vorteil, da er, mit der niederen Tierwelt besser vertraut als die Mediziner, viel besser in der Lage war, seine Versuchsobjekte, gemäß den behandelten Fragen, auszuwählen und mehr befähigt war, mit ihnen in geeigneter Weise zu experimentieren.

Zur Physiologie geleitet wurde er von dem früheren Vertreter dieses Faches an der Kopenhagener Universität, *Christian Bohr*, einem geistreichen Forscher und glänzenden Experimentator, der in die Lehre von der Atmung ganz neue Anschauungen einzuführen suchte. Er versuchte zu beweisen, daß der Übertritt des Sauerstoffes aus den Lungenzellen ins Blut nicht, wie bis dahin ausnahmslos angenommen war, durch den physikalischen Vorgang der Diffusion erfolge, vielmehr daß die Lungenzellen, entsprechend den Zellen der Körperdrüsen, den Sauerstoff ins Blut sezernierten. An diesen Untersuchungen, bei deren Durchführung eine außerordentliche Technik zu bewundern ist, beteiligte sich auch *Krogh*. Aber er war einer der ersten, die zu der Erkenntnis kamen, daß *Bohrs* Ergebnisse nicht zutreffend waren, und im weiteren Verlaufe erforschte er immer eingehender die Gesetze, die für die Diffusion im Tierkörper in Frage kommen.

Dazu bildete er zunächst besondere gasanalytische Methoden aus, eine *Mikrogasanalyse*, die erlaubt, die Zusammensetzung einer ganz kleinen Luftblase genau festzustellen.

Um zu zeigen, daß die Gase vom Lungeninnern nach physikalischen Gesetzen ins Blut wandern, d. h. von einem Orte, an dem sie einen höheren Druck ausüben, zu einem mit niedrigerem Druck übergehen, mußten die Druckverhältnisse der Gase sowohl in der Lunge wie im Blute ermittelt werden. Das erfordert nun für letzteres besondere Maßnahmen, da Sauerstoff und Kohlensäure im Blute ja nicht nur physikalisch gelöst enthalten sind, vielmehr zudem noch in dissoziabler Verbindung mit verschiedenen Blutbestandteilen vorhanden sind. Es war also die Gasspannung dieser dissoziablen Verbindungen festzustellen, und auch dazu erfand *Krogh* einen Apparat, der erlaubt, diese an einer äußerst kleinen Blutmenge zu ermitteln, ein Mikroaërotonometer.

Mit Hilfe dieser Methoden wurden nun Menge und Spannung der Gase im Körperinnern bei verschiedenen Tierklassen, bis zu den Insekten hinab, untersucht. Parallel damit gingen Versuche zur Ermittlung der Dissoziationsspannung des Oxyhämoglobins bei verschiedenen Tierklassen. Dabei ergab sich u. a. die interessante Tatsache, daß sich die Dissoziationsverhältnisse des Sauerstoffhämoglobins den biologischen Bedingungen anpassen, insofern sie z. B. bei Fischen, die gewöhnlich in einem Wasser mit *hohem* Sauerstoffdruck leben, ähnlich den bei luftatmenden Tieren sind, deren Lungenblut ja auch Sauerstoff reichlich zur Verfügung steht; während bei Fischen, die häufig einem *niedrigeren* Sauerstoffdruck im Wasser ausgesetzt

sind, die Dissoziationsspannung des Oxyhämoglobins ganz anders ist, und zwar derart, daß der Sauerstoff schon bei viel geringeren Spannungen an das HB gekettet wird.

Wie den Übergang des Sauerstoffes ins Blut, so untersuchte *Krogh* auch seine Wanderung aus den Gewebskapillaren durch die Gewebe hindurch. Dazu bestimmte er einerseits die Diffusionskonstanten des Sauerstoffs für verschiedene Medien, andererseits bestimmte er durch mikroskopische Zählung die Kapillarzahl auf Gewebs-(Muskel-)Querschnitten und ihr Verhältnis zum Gesamtquerschnitt; das ergab den Versorgungskreis jeder Kapillare im Gewebe. Seine Kenntnis sowie die der Sauerstoffspannung im Muskelblut und der Diffusionsgesetze ließ die Druckdifferenz berechnen, unter der noch eine genügende Sauerstoffversorgung der Gewebe zustandekommen kann.

Mit der Sauerstoffversorgung der Gewebe und den Möglichkeiten, sie unter verschiedensten Bedingungen und bei verschiedenstem O-Bedarf zu gewährleisten, beschäftigen sich auch *Kroghs* neueste Arbeiten. Sie betreffen das Verhalten der Muskelkapillaren. Ausgeführt sind sie an der Froschzunge. *Krogh* fand hier, daß bei Bedarf, z. B. bei Tätigkeit und damit erhöhtem Sauerstoffbedarf, sich zahlreiche Kapillaren öffnen, die sonst verschlossen sind oder wenigstens nicht von Blutzellen durchflossen werden. Der Wechsel in der Weite der Kapillaren ist dabei ganz unabhängig vom Blutdruck, auch vom Nervensystem; es handelt sich bei den Schwankungen ihrer Weite um sogenannte lokale Reflexe, die nach Bedarf lokal beschränkt zustandekommen: kapillarer motorischer Regulationsmechanismus.

Für das bisher besprochene Forschungsgebiet muß noch erwähnt werden, daß *Krogh* einen neuen Apparat zur Ermittlung der Sauerstoff- (auch Kohlenoxyd-) Mengen, die mit dem Hämoglobin verbunden sind, konstruierte. Er nennt ihn Spektrokomparator.

Aber *Kroghs* Arbeitskreis war weiter gesteckt und verbreitete sich auf das Gebiet des allgemeinen Stoffwechsels. Hierher gehört eine Untersuchung, die die lange streitig gewesene Frage entschied (gleichzeitig mit *C. Oppenheimer*, aber mit eleganterer Methodik), ob an dem Gesamt-Stickstoffumsatz des Körpers der in der Atemluft erscheinende Stickstoff beteiligt sei. Die Antwort lautete verneinend.

Ferner sei eine umfangreiche Untersuchung über den Stoffwechsel der Eskimos genannt, der darum interessant ist, weil diese zeitweise fast den Fleischfressern gleichen, indem sie neben Fett für unsere Begriffe ungeheure Fleischmengen genießen. Die so eingeführten sehr erheblichen Eiweißmengen üben aber auf den Stoffwechsel besondere Wirkungen aus, denen *Krogh* näher nachging.

Es konnte im Vorstehenden nur ein allgemeiner Überblick über *Kroghs* bisherige Lebensarbeit gegeben werden, bei der er übrigens vielfach sich der Mitarbeit seiner Gattin, *Marie Krogh*, zu erfreuen hatte. *Krogh* gehört noch der jüngeren Forschergeneration an, und es ist nicht zu zweifeln, daß er noch weiterhin die Wissenschaft mit hervorragenden Arbeiten bereichern wird.

Die hier gegebene kurze Übersicht zeigt, daß *Kroghs* Arbeitsgebiet etwas abseits von der großen Heerstraße liegt, aber auch von dem Verständnis und den Interessen der meisten Laien, selbst der sogenannten naturwissenschaftlich gebildeten Laien. Daher eben ist sein Name auf den engen Kreis seiner eigentlichen Fachgenossen beschränkt geblieben: unter diesen aber genießt er eine besondere Wertschätzung, und die Verleihung des Nobelpreises an ihn wird allseitige Zustimmung finden.

Veröffentlicht hat *Krogh* seine Arbeiten zum Teil dänisch, meist jedoch in deutscher oder englischer Sprache, nämlich im Skandinavischen Archiv für Physiologie, in der Biochemischen Zeitschrift und im Journal of physiology. *A. Loewy, Berlin.*

Bordets Verdienste sind so außerordentlich hervorragend, daß seine Auszeichnung durch den Nobelpreis als lange verdient bezeichnet werden muß und über kurz oder lang zu erwarten war. Es ist ganz besonders leicht, diese Verdienste in kurzen Worten zu schildern, weil seine Befunde, jeder einzeln genommen, fundamentale neue Entdeckungen von Tatsachen sind, die sich in kurzen Schlagworten darstellen lassen. Er ist es nämlich, der die *meisten* der Grundtatsachen der Immunitätswissenschaft entdeckt hat. Er hat gefunden, daß das Serum von Tieren, die mit der Milch einer fremden Tierart injiziert worden sind, mit dieser Milch im Reagenzglas einen Niederschlag gibt: die Entdeckung der *Eiweißpräcipitine*. Er hat entdeckt, daß das Serum von Tieren, die mit dem Blut einer fremden Tierart injiziert worden sind, in vitro diese Blutkörperchen auflöst: die Entdeckung der spezifischen *Hämolysine*. Er hat entdeckt, daß ein eiweißpräcipitierendes Serum die Eigenschaft hat, das Alexin (*Ehrlichs* „Komplement") des Blutserums zu binden: die Entdeckung der *Komplementbindungsreaktion*, die ihre praktische Krönung in der Wassermannschen Reaktion gefunden hat. Um die Grundtatsachen der Immunitätsforschung zu vervollkommnen, braucht man nur noch *einige* Entdeckungen anderer Forscher hinzuzufügen: die Entdeckung der Antitoxine durch *Behring*, ihre quantitative Erforschung durch *Ehrlich*, die Entdeckung der Bakteriolysine durch *Pfeiffer*, der Agglutinine durch *Gruber*, der Anaphylaxie durch *Richet*. *Bordet* hat ferner den *Keuchhustenbazillus* entdeckt.

Aber *Bordet* ist ein ebenso großer Theoretiker der Immunitätswissenschaft. Er war es, der zuerst, und zu einer Zeit, als noch kein Mensch daran dachte, die Erscheinungen der Immunitätswissenschaft in Zusammenhang mit den Erscheinungen der Kolloidität und der Adsorption gebracht hat. Sehr interessant war der lange Disput zwischen *Ehrlich* und *Bordet*. *Ehrlichs* Seitenkettentheorie ist gewiß äußerst fruchtbar gewesen, sie hat zum erstenmal Ordnung in die Immunitätswissenschaft gebracht. Aber von ihr ist nur wenig übrig geblieben. *Ehrlichs* unschätzbares Verdienst besteht darin, daß er, von dieser seiner Theorie geleitet, zahlreiche neue Beobachtungen grundlegender Art gemacht hat, die ganze Wissenszweige neu erstehen ließen. In dem theoretischen Streit über das Wesen der Immunitätserscheinungen hat sich aber der Bordetsche Standpunkt behauptet; nicht einmal die intimsten Schüler von *Ehrlich* haben in den letzten Jahren auf der Seitenkettentheorie weiter gebaut, wohl aber auf der kolloidchemischen Betrachtungsweise der Immunitätserscheinungen, als deren Vater *Bordet* bezeichnet werden muß. *L. Michaelis, Berlin.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 52. (Seite 1013—1032) **24. Dezember 1920.** **Achter Jahrgang.**

LIBRARY

INHALT:

Unsere Kenntnis von den Ursachen der Meeresströmungen. Von *Bruno Schulz, Hamburg.* (Mit 3 Abbildungen.) S. 1013.

Über die teleologische und kausale Deutung der Jahresringbildung des Stammes. Von *Hans André, Kaiserslautern.* (Schluß.) S. 1021.

Deutsche Geologische Gesellschaft zu Berlin: Metamorphose der kristallinen Schiefer im Vordertaunus. Die kolloidale Löslichkeit von sulfidischen Erzen. S. 1028.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 1028—1032.

Das Leben im Connecticuttale zur Triaszeit (mit 10 Abbildungen). Schiffswiderstand und Ramuswirkung bei Stufenbooten (mit 2 Abbildungen). Erdharz. Deutscher Meteorologentag in Leipzig.

Astronomische Mitteilungen: Ein merkwürdiges Objekt. S. 1032.

ERNST LEITZ, Wetzlar

Optische Werke.

Binokulares Mikroskop mit einem Objektiv.

Mikroskope

für monokularen und binokularen Gebrauch

Apochromaten und Fluoritsysteme
Dunkelfeld-Kondensoren

Mikrophotographische und Projektionsapparate

Mikrotome, Lupen und Lupenmikroskope ❖ Prismenfernrohre.

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.

Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Perhydrol-

Perhydrol-Zahnpulver, Perhydrol-Zahnpasta, Perhydrol-Mundwasser,

Perhydritmundwasser-Tabletten

Die bekannten Ideale der Zahn- und Mundpflege.
Jedermann auf das wärmste zu empfehlen. –
Zu haben in Apotheken, Drogerien und Parfümerien.

Krewel & Co., G. m. b. H. & Cie. chem. Fabrik **Köln a. Rhein** Haupt- u. Versanddepot: Arcona-Apotheke, Berlin N, Arkonaplatz 5

Die Kultur der Gegenwart

ihre Entwicklung und ihre Ziele

Herausgegeben von Prof. **Paul Hinneberg** (231)

Soeben erschien: Teil III, Abteilung III, Band 3

Astronomie

Unter Redaktion v. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **J. Hartmann, Göttingen**

Bearbeitet von Prof. Dr. **L. Ambronn,** Geh. Hofrat Prof. Dr. **Fr. Boll,** Prof. Dr. **A. v. Flotow,** Prof. **F. K. Ginzel,** Prof. Dr. **K. Graff,** Prof. Dr. **P. Guthnick,** Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **J. Hartmann,** Prof. Dr. **J. v. Hepperger,** Prof. Dr. **H. Kobold,** Prof. Dr. **S. Oppenheim,** Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **E. Pringsheim** †

Geh. ca. M. 36.—; gebunden ca. M. 42.—

Hierzu Teuerungszuschlag des Verlags: ab April 1920 100%, Abänderung vorbehalten!

Im Rahmen des Sammelwerkes „Die Kultur der Gegenwart" bietet der vorliegende Band aus der Feder namhafter Vertreter der Astronomie eine durch eine Reihe von Tafeln nach neuzeitlichen photographischen Aufnahmen belebte, für den Laien durchaus verständliche, aber auch für den Fachmann bedeutungsvolle Darstellung dieser Wissenschaft unter Betonung ihrer Beziehungen zur heutigen Gesamtkultur.

Einer Darstellung der Uranfänge der astronomischen Vorstellungen bei den verschiedenen Völkern, ihrer Zusammenhänge mit Religion, Volksgebräuchen und Astrologie *(Fr. Boll)* folgt, der Entwicklung des Zeitbegriffes und der Einteilung der Zeit aus den ersten astronomischen Beobachtungen entsprechend, die des gesamten Kalenderwesens *(F. K. Ginzel)* und der Zeitmessung *(J. Hartmann)* von ihren primitiven Anfängen bis zur modernen Zonenzeit und den funkentelegraphischen Zeitsignalen. Da sich ebenso der Raumbegriff an astronomischen Vorgängen entwickelt, sind sodann die durch astronomische Messungen ermöglichten Ortsbestimmungen auf der Erde und am Himmel *(L. Ambronn)*, sowie die stetige Ausdehnung und Vertiefung unserer räumlichen Vorstellungen *(A. v. Flotow)* behandelt. Dem folgt die Darstellung der Bewegungen der Körper unseres Planetensystems *(J. v. Hepperger)* und der physikalischen Verhältnisse dieser Körper, der Planeten, Monde, Kometen *(K. Graff)* und der Sonne *(E. Pringsheim)*. Die physikalischen Verhältnisse der Fixsternwelt *(P. Guthnick)* finden sodann, der Bedeutung der modernen astrophysikalischen Forschungsmethoden entsprechend, ausführliche Behandlung; hier, sowie in dem folgenden Abschnitt über den Bau der Fixsternwelt *(H. Kobold)* werden die Errungenschaften und die Probleme der heutigen astronomischen Forschung vorgeführt. Nach einer Besprechung der astronomischen Beobachtungsinstrumente und ihres Einflusses auf die Entwicklung der Feinmechanik und Optik *(L. Ambronn)* schließt den Band ein Kapitel *(S. Oppenheim)* über die Gravitation und ihre Erklärungsversuche bis zur Einsteinschen Relativitätstheorie, in deren nur durch allerfeinste astronomische Messungen zu erbringenden Beweisen sich wiederum der innige Zusammenhang der Astronomie mit der Physik bekundet.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 24. Dezember 1920. Heft 52.

Unsere Kenntnis von den Ursachen der Meeresströmungen.

Von Bruno Schulz, Hamburg.

Das Wasser der Meere ist in fast ständiger Bewegung begriffen. Wenn wir von der zunächst in die Augen fallenden Wellenbewegung absehen, so bleiben Wasserverfrachtungen von außerordentlicher Bedeutung für den Haushalt des Meeres, für die klimatischen Verhältnisse auf dem Meere und der angrenzenden Festländer sowie für die Schiffahrt übrig, von denen uns die Schiffsversetzungen durch den Strom, die Flaschenposten und Treibkörper, insbesondere aber auch die Verteilung der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Meerwassers an der Oberfläche und in der Tiefe Kunde geben. Von diesen Bewegungen wollen wir die auf die Anziehung von Sonne und Mond zurückzuführenden Gezeitenströmungen von vorwiegend Halbtags- und Tagesperiode, die besonders in den seichten Randmeeren der Ozeane, wie z. B. in der Nordsee, eine große Rolle spielen, ausschalten, also die Ursachen nur der Wasserbewegungen betrachten, die eine dauernde Wasserverfrachtung bewirken.

Beim Vergleich von Karten der Oberflächenströmungen des Meeres und der Winde drängt sich sofort die bei den Seefahrern schon seit alter Zeit geläufige Erkenntnis auf, daß *der Wind ein maßgebender Faktor bei der Entstehung der Meeresströmungen* ist. Daß der Wind Wasser zu verfrachten vermag, erleben wir häufig mit größter Anschaulichkeit an unseren Küsten, wo durch stürmische West- bis Nordwinde angestaute Wassermassen die Deiche oder Dünen zu durchbrechen und das dahintergelegene Land zu überschwemmen drohen. Näher zeigen die Abhängigkeit des Wasserstandes vom Winde z. B. während des Krieges an der langgestreckten, fast geradlinigen flandrischen Küste angestellte Beobachtungen (s. Fig. 1).

Der starke Aufstau besonders durch die WNW- und NW-Winde tritt deutlich hervor, ebenso die den Wasserstand erniedrigende Wirkung vor allem der O- bis SO-Winde. Der Einfluß des Windes ist so ausgeprägt, daß sich die Höhe h_α des Mittelwasserstandes einer Doppeltide als abhängig vom Winde in befriedigender Weise durch Gleichungen darstellen läßt. Nach Ausschaltung des Einfluses des Luftdrucks ist:

in Ostende: $h_\alpha = 209 + \frac{v^2}{2{,}3} \sin(\alpha - 198^0)$ in cm,

in Zeebrügge: $h_\alpha = 213 + \frac{v^2}{2{,}2} \sin(\alpha - 203^0)$ in cm,

worin α den drei Stunden vorher herrschenden Wind bedeutet und von Nord=O über Ost gerechnet wird, v ist die Windgeschwindigkeit in m/sec.

Im Ozean zeigt sich der Einfluß des Windes auf die Wasserbewegungen nicht minder deutlich, vor allem in zwei Regionen, nämlich den Passatgebieten, in denen durch die Passate die Äquatorialströme hervorgerufen werden, die besonders durch die jahreszeitliche Verschiebung ihrer Äquatorialgrenzen auf den Wind als treibende Ursache hinweisen, sodann in großartiger Weise in den Meeren an der Süd- und Ostseite des asiatischen Kontinents. Von der Mitte des Roten Meeres und der Straße von Ormus an bis zur Beringstraße wechselt der Wind im Laufe des Jahres unter dem Einfluß der winterlichen Abkühlung und der sommerlichen Erwärmung des Festlandes monsunartig, wodurch die Strömungen in den angrenzenden Meeren eine ausgesprochen jährliche Periode in der Richtung haben. Selbst an der Ostseite der nördlichen japanischen Inseln und der Halbinsel Kamtschatka, wo die Monsunerscheinung allmählich abflaut, ist dies noch der Fall. Im Winter kommt es, veranlaßt durch die antizyklonalen Nordwest- bis Nordostwinde, zur Ausbildung eines der Labradorströmung im Nordatlantischen Ozean vergleichbaren kalten Stromes, des aus dem Ochotskischen und Beringmeere genährten Oya Shio, im Sommer entsendet der Golfstrom des Stillen Ozeans, der Kuro Shio, unter dem Einfluß der in die asiatische Zyklone wehenden südlichen Winde einen Zweig ins Beringmeer; wir haben also eine der im Winter ausgebildeten gerade entgegengesetzte Strömung.

Ihre wissenschaftliche Vertiefung erfuhr die Ansicht, daß der Wind für die Entstehung der Meeresströmungen von Bedeutung sei, 1878 durch *Karl Zöppritz*. Hatte man vor ihm geglaubt, daß der Wind nur die oberflächlichste, mit dem Wind in unmittelbare Berührung kommende Wasserschicht bewegen könne, so zeigte *Zöppritz*, daß der Reibung bei der Fortpflanzung der oberflächlichen Bewegung in die Tiefe eine wichtige Rolle zukommt. Wird die Oberfläche durch den Wind vorwärts bewegt, so wird die bewegte Wasserschicht die darunter befindliche infolge der Reibung in gleicher Richtung bewegen, wenn auch mit verminderter Geschwindigkeit, und so fort, so daß schließlich, wenn nur der Wind ge-

nügend lange weht, die ganze Wassermenge bis zum Boden in fortschreitende Bewegung geraten muß. Da die Bodenwasserschicht durch die Reibung am Boden gehemmt wird und diese dadurch auch auf alle darüber befindlichen verzögernd wirkt, so kann die Geschwindigkeit des Wassers, auch des Oberflächenwassers, selbst bei konstanter

die Zeitdauer, in der sich die Bewegung in die Tiefe fortpflanzt, ergaben, daß z. B. 239 Jahre erforderlich sind, damit in 100 m Tiefe die halbe Geschwindigkeit der Oberfläche erreicht wird, und in einem 4000 m tiefen Meere wird in 2000 m Tiefe nach 10 000 Jahren erst eine Geschwindigkeit vorhanden sein, die 3,7 % der oberfläch-

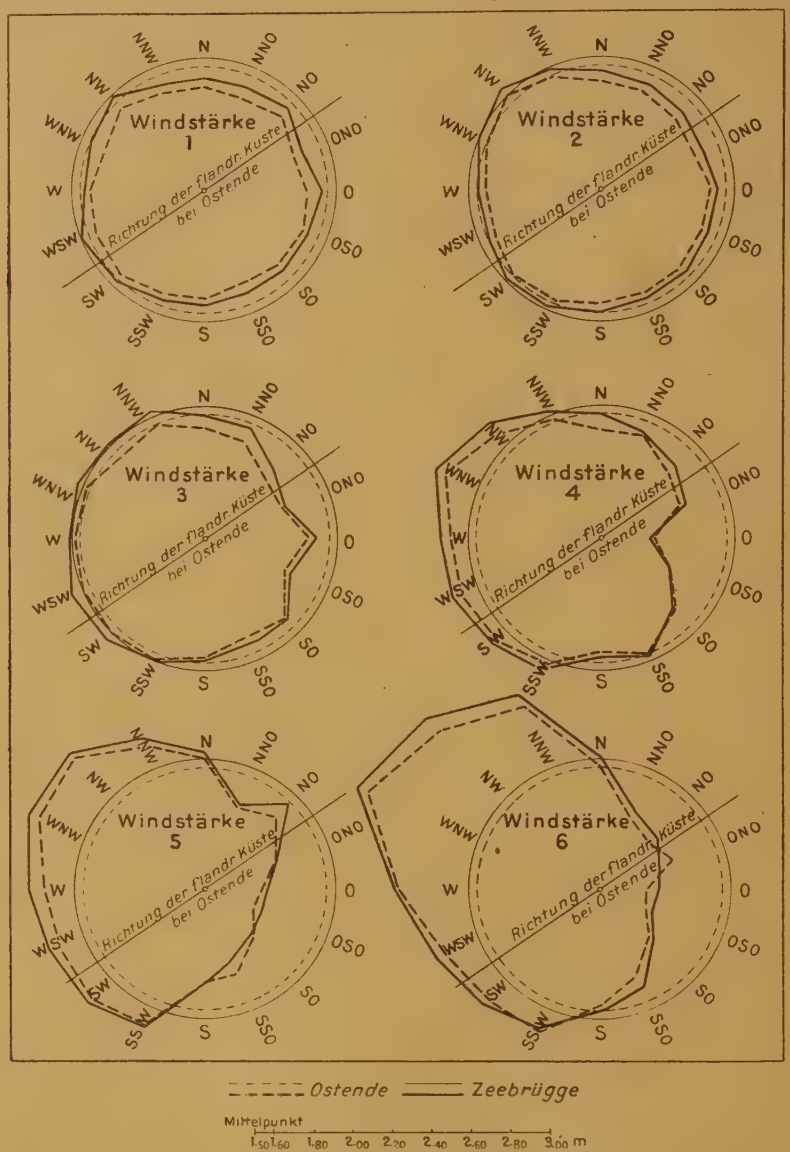


Fig. 1. Darstellung der Abhängigkeit des Mittelwasserstandes vom gleichzeitigen mittleren Winde am Ort für Ostende und Zeebrügge. (Mittel aus der Zeit vom 1. Oktober 1915 bis 30. September 1918.) Die Kreise stellen den mittleren Wasserstand während des gesamten untersuchten Zeitraumes dar.

Windgeschwindigkeit nie der des Windes gleich werden. Wir haben also nach der Anschauung von *Zöppritz* die Erscheinung, daß ein Wind, sofern er nur genügend lange weht, die Wassermassen bis zum Boden mit proportional der Tiefe abnehmender Geschwindigkeit in Bewegung setzt. Die von ihm durchgeführten Rechnungen über

lichen beträgt. Danach wird die von der Veränderlichkeit der Windrichtung abhängige Veränderlichkeit der Oberflächenströmungen mit der Tiefe schnell abnehmen und in größerer Tiefe das Wasser der Resultante des Windes folgen.

Diese Ergebnisse der Rechnungen hängen stark ab von den zugrunde gelegten Anschauun-

gen über die Reibung, der die oberflächliche Bewegung die Fortpflanzung in die Tiefe überhaupt verdankt. *Zöppritz* benutzte den sog. Koeffizienten der inneren Reibung, es ist dies die Kraft, welche der Bewegung einer Flüssigkeitsschicht von der Flächeneinheit dadurch entgegenwirkt, daß die Schicht sich mit der unendlich kleinen Geschwindigkeit v im Abstande v vor einer ruhenden Schicht vorbeibewegt. Nach den Berechnungen von *Heydweiller* ist diese molekulare oder innere Reibung η von destilliertem Wasser bei 0° 0,017 97, bei 10° 0,013 07, bei 20° 0,010 04 cm^{-1} gr sec^{-1}. Für Seewasser von 30 und 35 ‰ lassen sich nach den von *Krümmel* angegebenen Relativzahlen für die gleichen Temperaturwerte folgende Koeffizienten der inneren Reibung berechnen: 0,018 78, 0,013 87, 0,010 76, bzw. 0,018 90, 0,013 98, 0,010 87 cm^{-1} gr sec^{-1}. Es nimmt die innere Reibung also mit wachsendem Salzgehalt zu und mit steigender Temperatur ab. *Zöppritz* benutzte den Wert $\eta = 0{,}0144$ cm^{-1} gr sec^{-1}, der also auch heute noch für derartige Überschlagsrechnungen als genau genug gelten könnte, wenn es überhaupt gestattet wäre, hier mit der molekularen Reibung zu rechnen. *Tatsächlich aber erfolgt die Bewegung des Wassers gar nicht in der Weise, daß eine Wasserschicht sich parallel der anderen bewegt,* wie es bei der Definition der inneren Reibung vorausgesetzt ist, sondern nach den Untersuchungen von *Helmholtz, Boussinesq* und *Reynolds* bilden sich Wirbel, und zwar um so mehr, je größer der Geschwindigkeitsunterschied der bewegten Wasserschichten ist. Die bei Bewegungen im Meerwasser eine Rolle spielende sog. virtuelle Reibung wird also viel größer sein als die innere Reibung. *Thorade* fand auf Grund der unten noch zu erwähnenden Ekmanschen Untersuchungen für die virtuelle Reibung μ die folgende Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit:

bei Windstärken unter 3 Beaufort

$$\mu = 1{,}02\ v^3 \quad cm^{-1} gr\ sec^{-1},$$

für 3 Beaufort und darüber

$$\mu = 4.3\ v^2 \quad cm^{-1} gr\ sec^{-1},$$

wo v in m/sec zu rechnen ist. Es ist also bei einem Wind von 3 m/sec $\mu = 27.54$ cm^{-1} gr sec^{-1} und bei 16 m/sec $\mu = 1101$ cm^{-1} gr sec^{-1}, also etwa 2000 bis 80 000 mal so groß als sich bei alleiniger Berücksichtigung der molekularen Reibung ergibt. Die oberflächliche Bewegung müßte sich also viel schneller in die Tiefe fortpflanzen als *Zöppritz* annahm. Rechnen wir mit einem 50 000fach größeren Reibungskoeffizienten als *Zöppritz,* so ergibt sich, daß in 100 m Tiefe die halbe Geschwindigkeit der Oberfläche schon nach etwa 2 Tagen statt nach 239 Jahren erreicht ist.

Der wesentlichste, die lange Zeit herrschenden Zöppritzschen Anschauungen umgestaltende Gesichtspunkt ist aber, daß jede Bewegung auf der Erde, ganz gleich welcher Ursache sie ihre Entstehung verdankt, und unabhängig von dem Azimut der Bewegung *infolge der Erdrotation aus der ursprünglichen Bewegungsrichtung abgelenkt* wird, nach rechts auf der Nordhalbkugel, nach links auf der Südhalbkugel der Erde. Es muß also, wie zuerst *Bjerknes* und *Nansen* hervorhoben, die Bewegungsrichtung jeder infolge der Reibung durch das über ihr befindliche bewegte Wasser ebenfalls in Bewegung gesetzte Wasserschicht eine Ablenkung infolge der Erdrotation erfahren. Die Beobachtungen bestätigten dies; z. B. ergaben auf der Forschungsreise S. M. S. „Möwe" 1911 gewonnene Strombeobachtungen im Gebiet des Kanarenstroms bei Zunahme der Tiefe von 0 bis 25 m eine Rechtsdrehung des Stromes um 64°, im Gebiet des Benguelastromes, südlich 5° S. Br. dagegen trat in gleicher Tiefe eine Linksdrehung von 65° im Mittel auf, wobei die Stromstärke bis 75 m Tiefe auf etwa die Hälfte der Oberflächengeschwindigkeit abnahm. *Brennecke* beobachtete auf der Eistrift der „Deutschland" im Südatlantischen Ozean, daß von der Oberfläche bis 25 m Tiefe die Stromrichtung um 90° nach links drehte.

Ekman untersuchte auf *Nansens* Anregung die Wirkung des Windes auf die Wasserbewegung unter Berücksichtigung der virtuellen Reibung und der Ablenkung infolge der Erdrotation mit den Hilfsmitteln der theoretischen Physik. Er fand, daß die Stromstärke mit wachsender Tiefe in geometrischer Reihe abnimmt, die Ablenkung der Bewegungsrichtung des Wassers im Vergleich mit der Richtung der Oberflächenbewegung aber mit der Tiefe proportional wächst. Es muß daher *in einer bestimmten Tiefe die Wasserbewegung der Oberflächenströmung entgegengesetzt gerichtet* sein. Diese Tiefe ist die sog. Reibungstiefe. Die Theorie ergibt für ihre Größe

$$D = \pi \sqrt{\frac{\mu}{q \cdot \omega \cdot \sin \varphi}},$$

wenn μ den virtuellen Reibungskoeffizienten, q das spezifische Gewicht des Seewassers, ω die Winkelgeschwindigkeit der Erde und φ die geographische Breite bedeuten. Die Geschwindigkeit der durch den Wind erzeugten Strömung ist in der Reibungstiefe nur noch $\frac{1}{23}$ der Oberflächengeschwindigkeit, also praktisch Null, so daß die unmittelbar durch den Wind erzeugten Triftströmungen nur geringe Mächtigkeit haben, abgesehen von den Küstengebieten, wo die Verhältnisse verwickelter sind (vergl. diese Zeitschrift 1917, S. 713 ff.). Da es reine Triftströme im Meere kaum gibt, außerdem Tiefenstrombeobachtungen in den Ozeanen bisher nur sehr wenig angestellt sind, fehlt es an Unterlagen, um diese aus der Theorie folgende Beziehung genauer zu prüfen. Es scheint jedoch eine Abhängigkeit der Reibungstiefe von der geographischen Breite vorhanden zu sein. *Krümmel* und *Merz* schätzen nach ihren Beobachtungen die Reibungstiefe in den Äquatorialströmen auf etwa 150 m, während

nach den auf der Südpolarexpedition der „Deutschland" im südlichsten Südatlantischen Ozean ausgeführten Messungen die Reibungstiefe schon in etwa 50 m Tiefe liegt. Diese Abnahme der Reibungstiefe polwärts würde dem Sinne nach obiger Formel entsprechen. Daß die Reibungstiefe nur so geringe Werte hat, besagt, daß *die unmittelbar durch den Wind erzeugten Triftströmungen nur in einer vergleichsweise dünnen Oberflächenschicht* auftreten.

Auch für die Geschwindigkeit s des durch den Wind erzeugten Oberflächenstromes stellte *Ekman* eine Beziehung auf. Er fand:

$$s = \frac{T}{\sqrt{2\,q \cdot \mu \cdot \omega \cdot \sin\varphi}},$$

wo T den Tangentialdruck des Windes bezeichnet. *Thorade* hat die Abhängigkeit der Geschwindigkeit des Oberflächenstromes von der Windgeschwindigkeit unter Zugrundelegung des auf der Deutschen Seewarte vorhandenen Beobachtungsmaterials untersucht, und zwar bei der Kalifornischen Meeresströmung sowie bei der Kanaren- und Somaliströmung. Er fand folgende Beziehungen:

$s = \frac{2{,}59 \cdot \sqrt{v}}{\sqrt{\sin\varphi}}$ für Windstärken bis etwa 3 Beaufort

$s = \frac{1{,}26 \cdot \sqrt{v}}{\sqrt{\sin\varphi}}$ für Windstärken über 3 Beaufort.

Hieraus geht hervor, daß jedenfalls angenähert die von *Ekman* geforderte Abhängigkeit von der geographischen Breite besteht, indem die Geschwindigkeit einer Triftströmung bei gleichem Winde umgekehrt proportional zu $\sqrt{\sin\varphi}$ ist, *eine Triftströmung also um so schneller fließt, je näher sie sich dem Äquator befindet.*

Am auffallendsten war das weitere Ergebnis der Arbeiten *Ekmans*, daß, abgesehen von der Gegend des Äquators, in Meeren, deren Tiefe größer als etwa die halbe Reibungstiefe ist, der *vom Wind erzeugte Oberflächenstrom um 45° vom Winde abgelenkt* ist, und zwar auf der Nordhalbkugel nach rechts, auf der Südhalbkugel nach links. Für geringere Meerestiefen leitet *Ekman* kleinere Ablenkungswinkel ab. Bei einer Tiefe von einem Viertel der Reibungstiefe ist der Ablenkungswinkel nur 21,5°. Es sollte, da die ablenkende Kraft der Erdrotation $= 2\,m\,s\,\omega\sin\varphi$ ist (m ist die bewegte Masse), eine Abhängigkeit des Ablenkungswinkels von der geographischen Breite erwartet werden. Doch da die bewegte Masse der Reibungstiefe proportional ist und damit auch zu $\frac{1}{\sqrt{\sin\varphi}}$, und die Geschwindigkeit s ebenfalls zu $\frac{1}{\sqrt{\sin\varphi}}$, ist $m \cdot s$ proportional zu $\frac{1}{\sin\varphi}$; es fällt also in diesem Falle aus dem Ausdruck für die ablenkende Kraft der Erdrotation $\sin\varphi$ heraus, woraus die Unabhängigkeit des Ablenkungswinkels von der geographischen Breite folgt. Dieser Satz *Ekmans* ist nicht unwidersprochen geblieben. *Schiötz* leitet für den Winkel ε zwischen Windrichtung und Triftstrom die folgende Beziehung ab:

$$\operatorname{tg}\varepsilon = \frac{\sqrt{\mu \cdot q \cdot \omega \cdot \sin\varphi}}{k + \sqrt{\mu \cdot q \cdot \omega \cdot \sin\varphi}},$$

wo k den Reibungskoeffizienten zwischen Luft und Wasser bedeutet. Danach wäre der Ablenkungswinkel am Äquator Null. Für $\varphi = 90°$ wird, indem für μ und k unsichere Voraussetzungen gemacht werden, ebenfalls ein Wert für ε abgeleitet, nämlich 27°. *Mohn* und *Rudzki* stützen die von *Schiötz* theoretisch gefundenen Ergebnisse. Später hat *Exner* dieses Problem von anderen Voraussetzungen ausgehend behandelt. Er findet ebenfalls eine wenn auch nur geringe Abhängigkeit des Ablenkungswinkels von der Breite, nämlich von 40° 31′ in 90° Breite bis 41° 50′ in 10° Breite, also annähernd dasselbe wie *Ekman*.

Die vorhandenen Beobachtungen stützen das von *Ekman* bzw. *Exner* gefundene Ergebnis. *Forch* fand im östlichen Mittelmeer eine Ablenkung von im Mittel 42°, *Gallé* untersuchte den Ablenkungswinkel an drei Stellen des Indischen Ozeans in verschiedenen Breiten, nämlich im Arabischen Meere zwischen Sokotra und den Malediven, im vom Südostpassat erzeugten Äquatorialstrom und sodann in der Westwindtrift. Der mittlere Ablenkungswinkel ist 45,5°, insbesondere zeigt sich keine Abhängigkeit von der geographischen Breite; die Beobachtungen entscheiden also in der Diskussion *Ekman-Schiötz* für *Ekman*.

Die Ablenkung der Wasserbewegung von der Windrichtung zeigt sich *besonders auffällig bei dem an den Küsten erzeugten Windstau.* Bei geradliniegem Verlaufe der Küste sollte, wenn die Erdrotation keine Ablenkung bewirkt, der senkrecht auf die Küste wehende Wind den höchsten Windstau erzeugen. Dies ist, wie sich an der flandrischen Küste nachweisen ließ, nicht der Fall. Die flandrische Küste verläuft bei Ostende nach N 55° O, bei Zeebrügge nach N 69° O. Ohne Einfluß der Erdrotation müßte demnach der größte Aufstau in Ostende beim Winde N 35° W, bei Zeebrügge bei N 21° W auftreten, und die Phasen in den eingangs genannten Gleichungen müßten 235° und 249° sein. Da 198° bzw. 203° gefunden wurden, ergibt sich eine Rechtsablenkung der Windwirkung von 37° bzw. 46°. Da die Tiefen in Nähe der flandrischen Küste gering sind, ist nach *Ekman* ein kleinerer Ablenkungswinkel als 45° zu erwarten.

Erst diese Berücksichtigung der Ablenkung des durch den Wind hervorgerufenen Oberflächenstromes und der mit der Tiefe zunehmenden Ablenkung der durch Reibung erzeugten Wasserbewegungen machen uns das Auftreten der Kaltwassergebiete auf der Ostseite der ozeanischen Passatgebiete voll verständlich, besonders

bei dem südwestafrikanischen Auftriebgebiete, wo die Winde vorwiegend küstenparallel äquatorwärts ziehen und auch bei dem nordwestamerikanischen, wo während der Hauptausbildung der Auftriebserscheinung, nämlich von Juli bis September, nördlich Kap Mendocino, bei nordsüdlichem Küstenverlaufe die NW-Winde sogar auf die Küste südlich Kap Mendocino, aber wie in Südwestafrika küstenparallel gerichtet sind. In beiden Fällen wird infolge der erwähnten Ablenkung die oberste Wasserschicht bis zur Reibungstiefe von der Küste fortbewegt und dadurch in der Tiefe ein senkrecht zur Küste gerichtetes Druckgefälle erzeugt. Dadurch ist eine Aufwärtsbewegung von Wasser in Küstennähe bedingt. Ebenso ist der Wind die Ursache des Auftriebes an der Küste von Nordwestafrika, von Peru, der Galapagosinseln, der Kurilen, der Somalihalbinsel, der Insel Sokotra und der Südküste Arabiens.

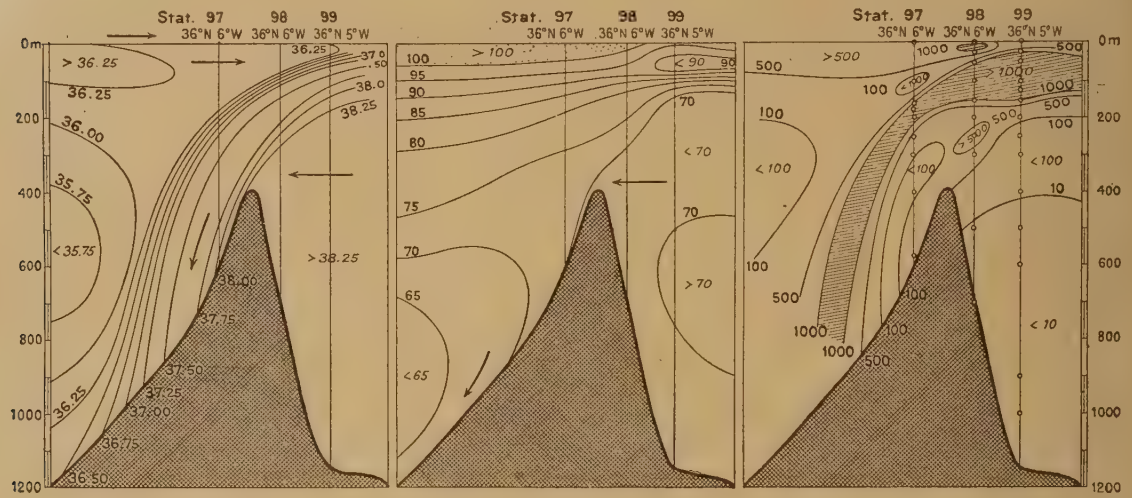
Außer der der Luft beim Ausgleich von Luftdruckunterschieden innewohnenden lebendigen Kraft wirken auch noch die *Schwankungen des Luftdruckes* auf die Wasserbewegungen ein, indem von Gebieten steigenden Luftdruckes Wasser nach Gebieten fallenden Drucks hin bewegt wird. Der Theorie nach müßte 1 mm Luftdruckänderung eine Wasserstandsänderung von 13,6 mm dividiert durch das spez. Gew. des Meerwassers bewirken. Da aber auch der durch die Luftdruckschwankung erzeugte Wind in gleicher Richtung auf die Wasserstandsänderung wirkt, ist es sehr schwer, den Einfluß des Luftdrucks von dem des Windes zu trennen. Aus Beobachtungen an der flandrischen Küste ergab sich, daß einer Luftdruckänderung von 1 mm eine Wasserstandsänderung von 10,3 mm entspricht, was bei einem spez. Gewicht des dortigen Meerwassers von 1,026 der theoretisch zu fordernden Zahl 13,4 verhältnismäßig nahe kommt. — In dem erwähnten asiatischen Monsungebiet wird beim Wechsel der Strömungen im Laufe des Jahres auch die Luftdruckänderung im Frühjahr und Herbst eine Rolle spielen. Im Sommer nimmt der Luftdruck von den südlichen Roßbreiten und der nordpazifischen Antizyklone nach den dem Kontinent unmittelbar benachbarten Meeresgebieten ab, im Winter haben wir entgegengesetzte Luftdruckgradienten. Dieser Wechsel der Luftdruckverteilung bedingt bis zur Ausbildung stationärer Verhältnisse Wasserbewegungen, welche die durch die Monsune erzeugten fördern.

Die Veränderung der Lage der Luftdruckgürtel auf der Erde im Laufe des Jahres scheint auch eine Verschiebung von Wassermassen zwischen den beiden Halbkugeln der Erde zu bedingen. Dadurch, daß der Wärmeäquator im Sommer auf dem Atlantischen und Stillen Ozean in etwa 10° N. Br. liegt und der SO-Passat bis nordwärts vom Äquator reicht, treten in den Ozeanen erhebliche Wassermassen auf die Nordhalbkugel über. Gefördert mag dies noch dadurch werden, daß im Nordsommer der Luftdruck auf der Südhalbkugel als Ganzes betrachtet höher ist als auf der Nordhalbkugel. Umgekehrte Luftdruckverhältnisse herrschen im Winter. Wenn wirklich im Sommer Wassermassen auf die Nordhalbkugel übertreten, so müßte sich dies bei sorgfältiger Beobachtung in einem jährlichen Gang des Mittelwasserstandes der atlantischen und pazifischen Küsten zeigen. Von den Ozeanen liegen hierüber keine Untersuchungen vor, wohl aber hat man in der Nord- und Ostsee eine solche jährliche Periode gefunden. Die Amplitude beträgt an der flandrischen Küste etwa 7 cm, nach Norden und Osten nimmt sie zu, das Maximum des Wasserstandes tritt im August-September, das Minimum im Februar-März auf. Es erscheint durchaus möglich, daß diese Wasserstandsschwankung die geschilderten Ursachen hat.

Die Bewegung der Luft und Änderungen des Luftdruckes sind nach dem Ausgeführten als wichtige wasserversetzende Faktoren anzusehen. Eine weitere Ursache für Wasserversetzungen liegt in der *Einwirkung der von der Sonne zugestrahlten Energie auf das Niveau und die Dichte des Meerwassers.* Am auffallendsten tritt uns dies in den Zugängen von den Ozeanen zu den Randmeeren entgegen, wie z. B. in der Gibraltarstraße. Da im Mittelländischen Meere im Laufe des Jahres, besonders im Sommer, mehr Wasser verdunstet als zugeführt wird, hat es ein niedrigeres Niveau als der offene Ozean. Nach Beobachtungen des dänischen Forschungsdampfers „Thor" ist von *G. Schott* für eine 67 km lange durch die Straße von Gibraltar führende Strecke ein Gefälle von 13 cm berechnet worden. Infolgedessen bewegt sich an der Meeresoberfläche durch die Straße von Gibraltar atlantisches Wassers mit einem Salzgehalt unter 36,50 ‰ ostwärts ins Mittelmeer hinein, und zwar mit im Sommer größerer Geschwindigkeit als im Winter. Infolge der starken Verdunstung nimmt der Salzgehalt nach Osten zu und übersteigt an der ägyptischen Küste und bei Rhodos 39 ‰. Dies durch den hohen Salzgehalt schwere Wasser bewegt sich in der Tiefe in entgegengesetzter Richtung, also westwärts, mit allmählich durch Mischung abnehmendem Salzgehalt und fällt gewissermaßen in der Straße von Gibraltar über die das Mittelmeer vom Ozean trennende seichte Schwelle, dadurch wiederum die nach Osten gerichtete Oberflächenströmung ganz wesentlich fördernd. Hier sind die beiden Wasserarten, das atlantische und mittelmeerische sowohl nach dem Salz- wie Sauerstoffgehalt besonders scharf voneinander getrennt (s. Fig. 2). Das salzärmere, sauerstoffreiche atlantische Wasser überlagert das salzreiche, wegen seiner langdauernden Abgeschlossenheit von der Luft sauerstoffarme mittelmeerische Wasser in ungewöhnlich stabiler Lagerung. Die Stabilität, d. i. der 10^8-fache Wert des Dichteunterschiedes E zwischen dem unter adiabatischer Erwärmung um 1 m tiefer verschoben gedachten Wasser und dem

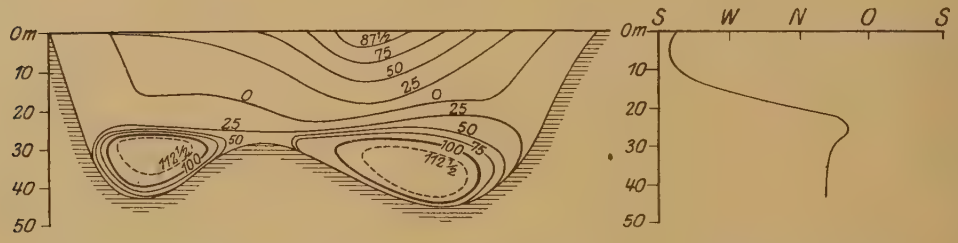
dort bereits befindlichen, also angenähert das 10^8-fache der Dichtesteigerung bei 1 m Tiefenzunahme, wird hier mit Werten über 1000 ungewöhnlich groß, und zwar besonders in der Grenzschicht beider Wasserarten (s. Fig. 2).

Das vergleichsweise warme, salzhaltige Mittelmeerwasser bewegt sich unter Vermischung mit des Marmarameeres fließt an der Oberfläche ins Mittelmeer, das salzreiche Mittelmeerwasser von 15 bis 20 m Tiefe ab in entgegengesetzter Richtung. Ähnlich ist der Wasseraustausch über die flache Schwelle im Bosporus zwischen dem Marmara- und Schwarzen Meere. Fig. 3 zeigt die nach den von *Merz* 1918 nordöstlich von Stambul



Salzgehalt Relativer Sauerstoffgehalt in % Stabilität 10^8 E
in der Gibraltar-Straße nach „Thor"-Beobachtungen.

Fig. 2.



Isotacheen im Querprofile durch den Bosporus etwa 4 km nordöstlich vom Goldenen Horn. (Nach *Merz*.) Die Zahlen im Diagramm geben die Geschwindigkeiten in cm/sec.

Richtungsänderung mit der Tiefe an einer Station dieses Profiles.

Fig. 3.

dem atlantischen Wasser in den Tiefen des Ozeans noch weithin. Nach Norden, wohin sich unter dem Einfluß der Ablenkung durch die Erdrotation wohl die Hauptmenge bewegt, hat man es am weitesten, und zwar bis zur portugiesischen Küste, zur Biscaya, zum Eingange des Kanals und sogar bis zur SW-Ecke Irlands verfolgen können. Nach Westen zu ist es bis in die Nähe von Madeira nachgewiesen und nach Süden durch die Beobachtungen von S. M. S. „Möwe" noch in der Breite der Kanarischen Inseln.

In den Dardanellen haben wir ein Gegenstück zur Straße von Gibraltar. Das salzarme Wasser gewonnenen Beobachtungen im Querschnitt quer über den Bosporus auftretenden Stromrichtungen und -geschwindigkeiten. Die oberflächliche SW-Strömung mit Geschwindigkeiten bis zu etwa 1,3 Seemeilen in der Stunde ist durch eine Schicht verhältnismäßig wenig bewegten Wassers von dem Bodenstrom getrennt, der nach NO gerichtet ist, mit bis über 2 Seemeilen Geschwindigkeit.

Entsprechend wirkt die Anreicherung des Salzgehaltes und Zunahme der Dichte durch die vorwiegende Verdunstung auch z. B. im Roten Meere und im Persischen Golf auf den Wasser-

austausch mit dem offenen Ozean. In umgekehrter Richtung verlaufen die durch die Aussüßung von Randmeeren verursachten Wasserbewegungen, wenn der Zufluß von Festlandwasser die Verdunstung überwiegt, wie es bei der Nordsee und besonders bei der Ostsee der Fall ist, in deren Hauptzugangsstraße, dem Großen Belt, wir die auftretenden Strömungen durchaus mit den in den Dardanellen und im Bosporus auftretenden vergleichen können.

Sind in den genannten Fällen im wesentlichen Niveauunterschiede in der Oberfläche und verschiedener Salzgehalt in der Tiefe als Ursache von Dichtedifferenzen die Ursache von Strömungen, so sind es zwischen dem offenen Atlantischen Ozean und dem europäischen Nordmeere Temperaturgegensätze in der Tiefe, welche große Dichteunterschiede und zum Ausgleich Wasserbewegungen über den von Grönland über Island, die Färöer und Shetlandinseln nach Irland sich erstreckenden untermeerischen Rücken bewirken. Die beiden folgenden Beobachtungen (nach *G. Schott*) geben ein Bild von den nördlich und südlich des Rückens auftretenden Temperatur-, Salzgehalts- und Dichteverhältnissen.

Tiefe in m	59°49′N. Br., 8°58′W. L. Mai 1905			60°40′N. Br., 4°50′W. L. Juni 1905		
	Temperatur	Salzgehalt ‰	Dichte	Temperatur	Salzgehalt ‰	Dichte
0	9,9	35,30	1,02723	11,1	35,36	1,02706
50	9,6	35,30	2727	9,0	35,35	2741
100	9,4	35,30	2731	8,7	35,35	2746
150	9,3	35,30	2732	8,2	35,32	2751
200	9,2	35,29	2733	7,2	35,26	2762
400	9,0	35,30	2737	4,5	35,03	2777
600	8,2	35,26	2747	0,2	34,94	2807
800	7,5	35,25	2755	−0,5	34,94	2811
1000	7,0	35,24	2763	−0,8	34,94	2812

Wie in der Gibraltarstraße das schwere, weil salzreiche Wasser aus dem Mittelmeer, so bewegt sich hier das schwere, weil kalte Wasser aus dem europäischen Nordmeere in den Atlantischen Ozean. Nach mit dem „Michael Sars“ auf dem Thomsonrücken gewonnenen Beobachtungen ist es übrigens wahrscheinlich, daß diese entgegengesetzte Bewegung der verschiedenen Wasserarten mit große Mischung bewirkenden Wirbelbewegungen verbunden ist.

Die Dichteunterschiede, die, wie die angeführten Beispiele gezeigt haben, in Meeresstraßen und über unterseeischen Schwellen eine Ursache für Wasserbewegungen bilden können, spielen auch sonst im offenen Ozean eine wichtige Rolle. Ja, man hat gemeint, die Oberflächenströmungen ganz allgemein durch Dichteunterschiede erklären zu können, die durch die starke Erwärmung der äquatorialen Gebiete bedingt sind. Doch sind die hierdurch verursachten Gefälle als sehr gering anzunehmen. *Zöppritz* errechnet für das Gefälle an der Meeresoberfläche vom Äquator bis zu den Polargebieten den Wert 1 : 1⅔ Millionen, *Schott* gar 1 : 5 Millionen. Vergleichen wir diese Werte mit den in unseren Flüssen auftretenden Gefällswerten, z. B. ist in der Ems das Gefälle von der Hasemündung bis zum Meere 1 : 11 000, so wird man zu der Annahme geführt, daß die Dichteunterschiede für die Entstehung der an der Oberfläche der Ozeane bestehenden Strömungen gegenüber der Windwirkung nur sehr geringe Bedeutung haben. Anders scheint es bei den Tiefenbewegungen zu sein.

Im wesentlichen nach den auf der „Valdivia“- und der „Planet“-Expedition gewonnenen Beobachtungen haben wir in der Tiefe der Ozeane die zunächst überraschende Erscheinung, daß die untersten Wasserschichten außerordentlich niedrige Temperaturen besitzen, die Bodentemperaturen des Atlantischen Ozeans betragen −1° bis +2½° und noch in 1000 m Tiefe haben wir meist 2—5°, nur im Gebiet der Roßbreiten des Nordatlantik bis 8° erwärmtes Wasser. In geringeren Tiefen zeigt sich weiterhin die merkwürdige Tatsache, daß unter dem Äquator niedrigere Temperaturen auftreten als in 30—40° Breite. In 400 m Tiefe haben wir z. B. in der Gegend des Äquators etwa 9°, in 30—40° Breite aber 15—16°! Diese Temperaturverteilung, zusammen mit den Salzgehalts- und Sauerstoffverhältnissen, führt zu dem Schluß, daß wir im Ozean ein vertikales Zirkulationssystem haben, in dem das Wasser der hohen Nord- und Südbreiten in die Tiefe sinkt, sich dort niederen Breiten zu bewegt und z. T. in der Gegend des Äquators wieder emporsteigt. Im einzelnen wird diese Zirkulation sich nach Gewinnung eines reicheren Beobachtungsmaterials, als wir es heute besitzen, wohl noch mannigfach kompliziert erweisen, worauf schon die auf der „Deutschland“-Expedition durch *Brennecke* erfolgte Entdeckung der im Südatlantischen Ozean in 1500 bis 3000 m Tiefe vorhandenen warmen Unterströmung deutet, aber in den Grundzügen können wir die obige Zirkulation als fest bestehend annehmen. Die Ursache dieser, wie wir annehmen müssen, äußerst langsamen säkularen Verschiebung des Meerwassers haben wir in der Wirkung des Windes und von Druckunterschieden zu sehen. Durch die kräftig ausgebildeten Äquatorialströme und deren Fortsetzungen in den höheren Breiten werden ständig gewaltige Wassermassen polwärts geführt, die durch die den äquatorialen Stromkreis auf der Meeresoberfläche schließenden kalten Strömungen kaum ersetzt werden dürften. Dies bedingt einen Ersatz aus der Tiefe. Unterstützt wird diese Bewegung durch die sowohl an der Oberfläche wie in der Tiefe polwärts wachsende Dichte des Wassers sowie, wie später ausgeführt werden wird, in geringem Maße durch den Einfluß der Erwärmung vom Erdinnern.

Daß das Bodenwasser der Ozeane nun so niedrige, dem Gefrierpunkte des Seewassers nahe

Temperaturen aufweist, hat *Pettersson* versucht, auf den Einfluß des Eises zurückzuführen, und er stützt seine Ansicht durch Experimente. Er tat u. a. einen Block aus gefrorenem Seewasser in einem unten und an den Seiten fest anschließenden Kasten aus möglichst dünnem Blech, der an einer Seite mit Öffnungen oben und unten versehen war, an das eine Ende einer längeren Experimentierwanne, in der sich Seewasser von + 1° C befand. Von dem Eisblock tauchte wegen des kleineren spezifischen Gewichtes des Eises ein kleines Stück aus dem Wasser heraus. Das Eis begann zu schmelzen und das Schmelzwasser von der am oberen Ende des Blechkastens befindlichen Öffnung aus sich auf der Oberfläche auszubreiten. Für das teils an der Seite durch Mischung in die Höhe, teils von der Unterfläche durch Abkühlung in die Tiefe entführte Wasser wurde anderes aus der Ferne herbeigeführt, so daß sich schließlich eine doppelte Zirkulation herausgebildet hatte, an der Oberfläche aus leichtem, aber kaltem Mischwasser vom Eisblocke weg, darunter ein Strom von warmem Seewasser auf den Eisblock zu, am Boden der Wanne wieder ein Strom kältesten Seewassers in der Richtung vom Eisblock weg. *Pettersson* denkt sich das kalte Tiefenwasser des europäischen Nordmeeres und des Polarbeckens auf diese Weise entstanden. Für den offenen Atlantischen Ozean kommt dann außer der Bewegung des Tiefenwassers aus dem europäischen Nordmeere über die Grönland—Irland-Schwelle noch die Bildung von Bodenwasser durch Berührung der oberflächlichen Schichten des Golfstromwassers mit den Eismassen des Labradorstromes sowie besonders die Einwirkung der antarktischen Eismassen in Betracht.

Diese Ansichten *Petterssons* haben viel Widerspruch erfahren. Daß in der Nähe von Eisbergen oder größeren Eisflächen in den oberflächlichen Schichten derartige Wasserbewegungen vorhanden sind, wird man zugeben können, nicht aber die Bildung des Bodenwassers durch den Einfluß des Eises. *Nansen* hat durch die von ihm gesammelten Beobachtungen gezeigt, daß jedenfalls im Nordatlantischen Ozean das Oberflächenwasser in den in Betracht kommenden Gebieten gar nicht in der Lage ist, zu großen Tiefen abzusinken. Das in den Eisfeldern etwa bis 4 m, in den Eisbergen normalerweise nicht mehr als 60 bis 70 m in das Wasser hinabreichende Eis des Nordpolarmeeres und der Polarströme nämlich entsteht und treibt in einer 150—200 m mächtigen, vergleichsweise salzarmen Wasserschicht, die sich durch Mischung von atlantischem Wasser und Niederschlagswasser, das dem Polarmeere wesentlich durch die nordeuropäischen, nordamerikanischen und sibirischen Flüsse zugeführt ist, gebildet hat. Diese schützt das schwerere, wärmere aber salzreichere atlantische Wasser vor der Berührung mit der Oberfläche und mit dem Eise. Folgende Beobachtungsreihen zeigen diese Verhältnisse:

Mittel aller „Fram"-Stationen im Nordpolarbecken 1894/1895			Belgica 21. Juli 1905 75° 55′ N. Br. 9° 00′ W		
Tiefe in m	Temperatur	Salzgehalt ‰	Temperatur	Salzgehalt ‰	Dichte 1,0...
0	−0,87	21,10	0,28	31,00	2490
5	−1,65	29,71	—	—	—
10	−1,61	29,85	0,08	31,90	2563
20	−1,62	30,31	−1,30	32,86	2646
40	−1,72	32,27	—	—	—
60	−1,76	33,61	−1,73	33,95	2736
80	−1,74	33,92	—	—	—
100	−1,68	34,04	−1,67	34.25	2759
150	—	—	0,03	34,56	2777
200	0,18	34,80	1,32	34,87	2794
250	0,55	34,97	—	—	—
300	0,63	34,98	1,41	34,92	2796

Die aufgefundenen Tatsachen stützen also die Ansichten von *Pettersson* nicht. *Nansen* hat dagegen wahrscheinlich gemacht, daß das Bodenwasser sich im Winter in Gebieten bildet, in denen der Salzgehalt der Oberfläche dem des Bodens ähnlich ist und außerdem die Oberflächentemperatur so tief sinkt, daß eine Vertikalzirkulation bis zum Boden eintreten kann. Ähnliche Vorgänge sind durch die dänischen „Thor"-Beobachtungen aus dem Mittelmeer bekannt geworden, wo das Bodenwasser vor allem im nördlichen Teil des Balearenbeckens, in der südlichen Adria und im Ägäischen Meere gebildet werden dürfte. Für den Nordatlantischen Ozean kommt nach den Untersuchungen *Nansens* südlich der von Grönland nach Schottland ziehenden Schwelle nur das Gebiet südlich und südöstlich von Grönland in Betracht, wo im Winter an der Oberfläche Temperaturen unter 2° und Salzgehalte von 34,88—34,95 ‰ wie im Bodenwasser auftreten. Außerdem gibt es auch im europäischen Nordmeer Stellen, an denen sich Bodenwasser bilden kann. Über die erwähnte Schwelle zwischen Grönland und Schottland gelangt es in den Ozean. Im nördlichen Stillen Ozean mögen vielleicht im Gebiet des Oya Shio im Winter die Bedingungen zur Bildung kalten Bodenwassers gegeben sein. Die Hauptmengen des kalten Tiefenwassers der Ozeane aber werden allem Anschein nach den hohen südlichen Breiten entstammen. Hierüber werden wir nach Veröffentlichung der auf der „Deutschland"-Expedition gewonnenen Beobachtungen vielleicht klarer sehen.

Endlich käme *als Kraftquelle für die Bewegung des Wassers noch die innere Erdwärme* in Betracht. Die im Philippinen- und Neupommerngraben nordöstlich von Neu-Guinea durch das deutsche Vermessungsschiff „Planet" gewonnenen Beobachtungen machen dies wahrscheinlich. Sie zeigen uns, daß von der Tiefe an, von der aus sich diese Gräben in den umgebenden Meeresboden einsenken, bis zum Grunde

die Wassermassen vollkommen isohalin sind, außerdem aber die Temperaturen mit wachsender Tiefe zunehmen, und zwar stärker als sich bei vertikaler Bewegung durch die adiabatische Temperaturzunahme erklären läßt. Höchst wahrscheinlich liegen hier Fälle der Erwärmung vom Meeresboden aus vor. Ist dies der Fall und bewirkt die Erwärmung vom Erdinnern vertikale Bewegung, so müßte sich dies in einer verhältnismäßig guten Durchlüftung dieser Grabenwasserschichten zeigen. Beobachtungen insbesondere über diese Frage sollten auf einer von der Deutschen Seewarte angeregten Forschungsreise des Vermessungsschiffes S. M. S. „Möwe", die August 1914 beginnen sollte, gesammelt werden, doch hat sie infolge des Kriegsausbruchs leider nicht ausgeführt werden können. Auch sonst wird wahrscheinlich in den Ozeanen den Bodenwasserschichten aus dem Erdinnern Energie zugeführt; darauf deutet die Temperaturzunahme, welche das Bodenwasser auf dem Wege von den polaren Gebieten in niedere Breiten erfährt, so daß wir Ursache haben, die aus dem Erdinnern zugeführte Energie als die vertikale Zirkulation im Meere fördernd anzusehen, ob diese Förderung aber im Vergleich zu den übrigen strombildenden Faktoren nennenswert ist, entzieht sich heute noch unserer Kenntnis.

Zusammenfassend können wir sagen, daß wir die der Atmosphäre durch die Sonnenstrahlung zugeführte Energie, die sich vor allem in der Luftbewegung, aber auch in der Verlagerung der Luftmassen äußert, sodann die vom Wasser selbst aufgenommene Sonnenenergie, die Temperatur- und Salzgehalts- und damit Dichteunterschiede bewirkt, als wichtigste Ursachen der Meeresströmungen betrachten müssen. Hinzu kommt als untergeordnete Kraftquelle noch die Erdwärme. Unsere Kenntnis dieser primären Stromkonstituenten, wie *Krümmel* sie nennt, sowie auch der sekundären, nämlich der Reibung, des Einflusses der Erdrotation und des im Meere vorhandenen Kompensationsbedürfnisses reicht aber bei weitem noch nicht aus, daß eine mathematische Theorie der Meeresströmungen gegeben werden könnte; insbesondere fehlt es uns hierzu auch noch an einer hinreichenden Erforschung des physikalischen und chemischen Zustandes der die Meeresräume erfüllenden Wassermassen.

Wesentlichste Literatur.

K. Zöppritz, Hydrodynamische Probleme in Beziehung zur Theorie der Meeresströmungen. Annalen der Physik und Chemie, Neue Folge, Band *III,* Leipzig 1878.

F. Nansen, Die Ursachen der Meeresströmungen. Peterm. Mitt. 1905.

F. Nansen, Das Bodenwasser und die Abkühlung des Meeres. Internationale Revue der Hydrobiologie und Hydrographie Bd. *V,* 1912.

G. Schott, Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Tiefsee-Expedition I. Band, Ozeanographie und maritime Meteorologie, Jena 1902.

W. Brennecke, Forschungsreise S. M. S. „Planet" 1906/1907 *III.* Band, Ozeanographie, Berlin 1909.

V. W. Ekman, Beiträge zur Theorie der Meeresströmungen. Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie 1906, weitere Aufsätze in derselben Zeitschrift 1908 und 1909.

O. E. Schiötz, Bemerkungen über die durch den Wind erzeugten Meeresströmungen. Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie 1908.

H. Thorade, Die Geschwindigkeit von Triftströmungen. Wissenschaftliche Beilage zum Jahresbericht der Realschule in Eilbeck, Hamburg 1913/14, auch Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie 1914.

Exner, Zur Kenntnis der untersten Winde über Land und Wasser und der durch sie erzeugten Meeresströmungen. Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie 1912.

P. H. Gallé, Zur Kenntnis der Meeresströmungen. Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut Nr. 102 Mededeelingen en Verhandelingen Nr. 9, Utrecht 1910.

Krümmel, Handbuch der Ozeanographie Band *II,* Stuttgart 1911.

Krümmel, Ein Blick auf die neueren Theorien der Meeresströmungen. Verhandlungen des 17. Deutschen Geographentages zu Lübeck 1909.

O. Pettersson, Über Meeresströmungen. Veröffentlich. des Instituts für Meereskunde, Berlin 1908.

O. Pettersson, On the Influence of ice-melting upon oceanic circulation. Geographical Journal *XXIV,* 1904, S. 285—333, ebenda XXX, 1907, S. 273—303.

Murray und *Hjort,* The depths of the ocean, London 1912.

Über die teleologische und kausale Deutung der Jahresringbildung des Stammes.

Von Hans André, Kaiserslautern.

(Schluß.)

3. Die „reizphysiologischen" Theorien.

Entsprechend dem Pflügerschen Satze, wonach bei den Organismen die Ursache eines Bedürfnisses zugleich die Ursache der Befriedigung dieses Bedürfnisses ist, werden bei der Kambiumtätigkeit besonders solche Ursachen als formative Reize in Betracht kommen, deren Einwirkung im Hinblick auf die teleologische Funktion des Holzkörpers eine Modifizierung der Kambiumtätigkeit erfordert. Wir haben bei der teleologischen Betrachtung dargelegt, daß der Baumstamm sowohl den Bedürfnissen der Wasserleitung, wie den Bedürfnissen mechanischer Festigung durch seine Baukonstruktion entspricht. Als formative Reize bei der Kambiumtätigkeit werden also vor allem das Wasser und die veränderlichen Zug- und Druckspannungen fungieren, die Veränderungen im teleologischen Aufbau notwendig machen.

Das Wasser, das auf dem kürzesten Wege geringsten Widerstandes im Schafte aufwärts steigen soll, wird bei der Herstellung des Systems gleicher Wasserleitungsfähigkeit als spezifischer Reiz der Gefäßbildung fungieren, selbstverständlich unter Mitwirkung der in ihm gelösten mineralischen Substanzen. Solange die nach den Verbrauchsorten führenden Wasserbahnen im Frühjahr noch nicht hergestellt sind, kann ein solcher Reiz z. B. darin bestehen, daß große Wassermengen in die

Jungholzzellen eingepreßt werden. Dieser Reiz regt zur Bildung von Gefäßen und anderen weitlumigen Elementen an und hört auf, sobald hierdurch für neue Wasserbahnen gesorgt ist.

Jost glaubt, daß die Gefäßbildung im Frühjahr vor allem durch kinetische Einflüsse determiniert wird, die von den sich entfaltenden Blattorganen ausgehen. Er beruft sich auf eine ganz allgemein gehaltene Stelle bei *Pfeffer* in dem Abschnitt „Die Bedeutung der Wechselwirkung von Organen für den Stoffwechsel", wo dieser Forscher die Möglichkeit diskutiert, daß Bewegungszustände von einer Zelle auf die andere übertragen werden können, ohne daß materielle Teile übertreten müssen. „Macht man also die Annahme, daß von jedem wachsenden Organ ein „Reiz" auf die unterhalb desselben befindlichen embryonalen Gewebe ausgehe, der in diesen die Ausbildung von Gefäßgängen veranlaßt, so sind zwar die Tatsachen noch nicht „erklärt", aber doch wenigstens unter einen gemeinsamen Gesichtspunkt gebracht, von dem weitere Untersuchungen werden ausgehen können." (*Jost.*) Welche Tatsachen werden denn nun durch die Annahme dieses Reizes unter einen Gesichtspunkt gebracht? Augenscheinlich folgende:

1. daß das Kambium seine Tätigkeit beginnt, wenn die Knospen anfangen zu wachsen (man könnte hierher wohl auch andere wachsende Organe wie Sprosse rechnen, aber augenscheinlich hat *Jost* diese nicht im Auge gehabt),
2. daß entsprechend der Bildung von Gefäßen in den Blättern auch solche vom Kambium gebildet werden,
3. daß das Tempo in der Streckung der Elementarorgane im Jungholz und in den wachsenden Blättern das nämliche ist, mit anderen Worten, daß bei lebhafterem Wachstum der Blätter auch die Elemente des Jungholzes stärker radial gestreckt werden.

Wenn sich zeigen läßt, daß dieselben Erscheinungen auftreten, auch ohne Zusammenhang des Kambiums mit wachsenden Organen, so ist diese ganze Ansicht widerlegt. *Jost* selbst hat darauf hingewiesen, daß es Holzbildung gibt, die nicht durch Blattbildung angeregt, sondern auch durch andere Einflüsse, z. B. Verwundung, veranlaßt wird. *Lutz* hat gefunden, daß bei einer entnadelten Kiefer typisches Frühlingsholz gebildet wird. *Jost* selbst sieht sich daher gezwungen, seine Theorie etwas einzuschränken und gelangt zu dem Resultat, daß Organbildung zwar in vielen, nicht aber in allen Fällen eine notwendige Bedingung für Gefäßbildung sei. Unseres Erachtens liegt die Annahme viel näher, daß beide Erscheinungen: das stärkere Wachstum der Blätter und die Frühholzbildung von einer gemeinsamen Ursache abhängen, da beide mit einer stärkeren Streckung der Zellen verbunden sind. Als gemeinsame Ursache kommt ganz natürlich und in erster Linie die vermehrte Wasserzufuhr einschließlich der vermehrten Nährsalzzufuhr in Betracht.

Entsprechend der zweifachen teleologischen Funktion des Holzkörpers müssen wir als zweite Gruppe der formativen Reize diejenigen in Betracht ziehen, welche die mechanisch wirksamen Wachstumsformen des Holzes determinieren. Solche formative Reize stellen bei den horizontalen oder geneigten Ästen die Schwerkraft und die infolge des Astgewichtes entstehenden Zug- und Druckwirkungen dar. Bei dem vertikal stehenden Schaft kommen hauptsächlich die Zug- und Druckwirkungen in Betracht, die durch den die Krone durchstreichenden Wind hervorgebracht werden und den teleologischen Aufbau des Holzkörpers als Trägers gleichen Widerstandes determinieren.

Die formative Wirkung der Zug- und Druckspannungen auf die Holz bildende Tätigkeit des vertikalen Schaftes sind Gegenstand einer umfangreichen Untersuchung von *Frank Schwarz*, auf deren Ergebnisse er eine neue Theorie der Jahresringbildung gründet. *Schwarz* macht zunächst auf einen Punkt aufmerksam, der von *Metzger* nicht berücksichtigt worden ist. Nehmen wir an, daß die Kuben der Stammdurchmesser den Kuben eines Trägers gleichen Widerstandes genau entsprechen, so folgt daraus noch nicht, daß der Schaft wirklich ein Träger gleichen Widerstandes sei. Das theoretisch konstruierte Vergleichsmodell ist ja bisher als homogener Träger gedacht worden. Tatsächlich nimmt aber, wie *Schwarz* durch seine anatomischen Untersuchungen bei Pinus silvestris gezeigt hat, das Prozentverhältnis von Eng- und Weitholz und damit auch die Festigkeit von der Basis nach der Spitze zu sehr bedeutend ab. Wenn also auch der Schaft unterhalb der Krone ein Zylinder wäre, also von der stereometrischen Form eines homogenen Trägers gleichen Widerstandes abweichen würde, könnte er bei einer bestimmten Zunahme der Festigkeit von oben nach unten trotzdem einen Träger gleichen Widerstandes darstellen. Dementsprechend unterscheidet auch *Schwarz* eine zweifache funktionelle Anpassung der kambialen Wachstumsformen an die mechanischen Ansprüche: 1. eine quantitative, welche sich darin äußert, daß das Dickenwachstum des Stammes an jenen Stellen am meisten gefördert wird, wo die größte Druckspannung vorhanden ist und 2. eine qualitative, die bei größerer mechanischer Beanspruchung zu einer Verschiebung des Verhältnisses von Eng- und Weitholz zugunsten des Engholzes führt. Die letzte Tatsache, die *Schwarz* durch eine ungeheuere Anzahl von Messungen bei der Kiefer außer Zweifel gestellt hat, führte ihn zu seiner Theorie der Jahresringbildung. Das Spätholz ist bei der Kiefer ein spezifisches Festigungsgewebe, das durch verdickte Wände, aber nicht immer durch die Kleinheit der Zellen oder die Kürze ihres radialen Durchmessers ausgezeichnet ist. Den mechanischen Ansprüchen könnte in derselben Weise ge-

nügt werden, wenn nur Frühlingsholz gebildet würde, da an einem Querschnitt eine entsprechend größere Fläche weniger festen Frühholzes denselben Widerstand leisten kann, als eine kleinere Fläche mit festeren Spätholzzellen. Wenn es bei der Kiefer überhaupt zur Festigung durch besondere mechanische Zellen kommt, so dürfte dies auf spezielle Vorteile, wie die Ökonomie an plastischem Material, Einschränkung der Wachstumsperiode zurückzuführen sein, Vorteile, die wir im einzelnen nicht zu übersehen vermögen. Da durch die Steigerung des Wachstums infolge einer größeren Kronenentwicklung die Ausbildung von Frühholz begünstigt wird, nimmt die Bildung der Leitungsbahnen in einer zweckmäßigen Weise zu; es liegt jedoch keine direkte Reizwirkung vor, bei welcher die Transpirationsgröße als Reiz fungieren würde. Die Anpassung der Größe der Leitungsbahnen an die Bedürfnisse der Transpiration ist deshalb auch keine vollständige und genaue, während der anatomische Bau in weitgehendem Maße den Druckverhältnissen entspricht. Ernährungs- und Transpirationsverhältnisse, die so vielfach zur Erklärung mit dem Dickenwachstum in Verbindung gebracht werden, kommen nur als allgemeine Vorbedingungen des Wachstums, das Wachstum hinwiederum als allgemeine Vorbedingung für die *Reizempfindlichkeit* in Betracht. Der Druckreiz ist vom Beginn des Wachstums an vorhanden, demselben wirken jedoch andere Faktoren entgegen, infolgedessen tritt der Effekt des Druckes, die Verdickung der Wand und die Verkürzung des radialen Durchmessers der Zellen erst dann ein, wenn der Druck eine Zeitlang eingewirkt hat. Bei Steigerung der Wachstumsenergie durch günstige Ernährungsverhältnisse wird auch die radiale Ausdehnung der Tracheiden gesteigert. Ist die Steigerung des Wachstums aber eine Folge der Druckwirkung, so bleibt das Frühlingsholz enger trotz der stärkeren Wachstumsenergie, woraus hervorgeht, daß tatsächlich durch den Druck ein Kleinerbleiben des radialen Tracheidendurchmessers hervorgerufen wird. Ebenso gewinnt die Dicke der Zellwand mit dem Druck. Da nun aber Verkürzung des radialen Durchmessers und Verdickung der Zellwand die charakteristischen Merkmale des Spätholzes sind, so dürfen wir annehmen, daß die Spätholzbildung durch den Druck veranlaßt und reguliert wird. Nach *Hegler* ist die Wachstumsenergie von wesentlichem Einfluß auf die Reizbarkeit der Organe, es kann daher die normale Aufeinanderfolge von Früh- und Spätholz in jedem Jahre damit zusammenhängen, daß die Wachstumsenergie gegen Ende der jährlichen Wachstumsperiode eine geringe ist und deshalb regelmäßig die Ausbildung von Spätholz der Frühholzbildung folgt. Die Latenz der Druckwirkung ist auch durch die Bildung bestimmter Stoffe zu erklären, die sich erst infolge der Druckwirkung bilden und, sobald sie in genügender Menge angesammelt sind, zu der Entstehung von Spätholzzellen Veranlassung geben. Wie bei allen Reizwirkungen wird auch hier ein Komplex von Vorgängen übrig bleiben, in welche einzudringen unüberwindliche Schwierigkeiten bestehen.

Geben wir zunächst zu, daß die Schwarzschen Schlußfolgerungen richtig seien, so müssen wir feststellen, daß auch *Schwarz* den Ernährungsverhältnissen einen wesentlich mitbestimmenden Einfluß auf die Wachstumsform des Kambiums zusprechen muß. Nach *Schwarz* ist für die Entstehung des Spätholzes in erster Linie ein Druckreiz maßgebend. Er folgert diese Annahme aus der Verteilung und quantitativen Ausbildung des Spätholzes, die den mechanischen Anforderungen in weitgehendem Maße entsprächen und nicht durch ernährende Faktoren erklärt werden könnten. Nun kann ja ein solcher Einfluß bei den Versuchsobjekten wirksam gewesen sein (vgl. auch *Bücher* 1906). Aber man fragt sich doch, wie kommt denn unter gewöhnlichen Bedingungen das Frühholz zustande, da doch die mechanische Inanspruchnahme des Baumes ebenso im Frühjahr wie im Herbst bestehen bleibt? *Schwarz* nimmt an, daß im Frühjahr der mechanische Druckreiz „latent" bleibt, d. h., daß er durch die Wachstumsfaktoren gleichsam überwunden wird. Es müssen also hier die Ernährungsfaktoren eine Rolle spielen, da von ihnen das stärkere oder geringere Wachstum abhängt. Wenn im Herbst die Sache sich umkehrt, der Druckreiz in Tätigkeit tritt, so geschieht dies wahrscheinlich deshalb, weil das Wachstum schwächer wird; folglich müssen auch hier die *gesamten* Ernährungsprozesse notwendig mitwirken.

In einer Reihe von Arbeiten hat neuerdings *Jaccard* die mechanische Anpassungstheorie einer eingehenden Prüfung unterzogen. Seine Ergebnisse und Überlegungen führten ihn dazu, zunächst den formativen Einfluß der Zug- und Druckwirkungen deutlich abzugrenzen von ernährungsphysiologischen Einflüssen, die ebenfalls mechanisch zweckmäßige Wachstumsformen zu veranlassen vermögen.

Den scheinbar besten Beweis für die mechanische Anpassungstheorie liefert der sogenannte *Lichtungszuwachs*, der nach einer starken Durchforstung und völligen Freistellung eines Fichtenbestandes an der Stammbasis auftritt. Da die Belastung mit der Hebellänge zunimmt, so wird, den Gesetzen der Statik gemäß, die Stammbasis natürlich am stärksten beansprucht, somit ihre Verdickung teleologisch gefordert. Damit scheint auch nach dem Pflügerschen Satze die stärkere mechanische Beanspruchung als ihre auslösende Ursache erwiesen zu sein. *Jaccard* versucht nun zu zeigen, daß der Zuwachs in vorliegendem Falle schon rein *ernährungsphysiologisch* erklärbar sei. Durch eine starke Durchforstung werden die Lebensbedingungen des verbleibenden Bestandes nach zwei Richtungen hin verändert: vorerst durch Aufschluß des Bodens, womit die Bewurzelung und die Gelegenheit der Aufnahme mine-

ralischer Nährstoffe beeinflußt wird; sodann durch Freihieb der Krone, womit wegen vermehrter Licht- und Luftzufuhr die Assimilation und die Transpiration gesteigert werden. Diese vermehrte Lebensintensität setzt aber seitens des Wurzelsystems ein erhöhtes Absorptionsvermögen für Wasser und Mineralstoffe voraus, ebenso die Möglichkeit, diese Menge durch den Stamm hindurch zur Krone zu leiten. Somit ist teleologisch gefordert, daß eine erhöhte Wasserzufuhr eine entsprechende Vermehrung der Leitungsorgane im Gefolge haben muß und daß dieselbe zunächst *unten* sich geltend machen muß, wodurch eine Verdickung des unteren Stammteiles vor dem oberen bewirkt wird. Zum Dickenwachstum benötigt die Pflanze aber nicht nur Wasser- und Mineralstoffe, sondern auch organische Nahrung, speziell Kohlehydrate. In der unteren Schaftpartie, wo dieses Bedürfnis am stärksten ist, entsteht ein Anziehungszentrum für organische Nährstoffe. Die Entstehung dieses Anziehungszentrums ist an neuauftretende Faktoren geknüpft, die die Schnelligkeit der Zellteilungen und den Zustrom der Kohlehydrate vermehren. *Metzger* und *Schwarz* würden hier an Zug- und Druckwirkungen des Windes als auslösende Faktoren denken. *Jaccard* lehnt dies ab. Versuche von ihm haben ergeben, daß auf beiden Seiten eines Nadelholzstammes sowohl Zug- als Drucktracheiden entstehen, wenn man ihn in kurzen Zwischenräumen hin- und herbiegt. Je nachdem Zug oder Druck vorwiegt, vermehren sich die entsprechenden Tracheiden. Allzu intensive Biegungswirkungen haben die Sistierung der Verholzung im Gefolge; die Zellwände bleiben dann fast vollständig aus Zellulose zusammengesetzt. Da nun das Holz der unteren Schaftpartie der besagten Durchforstungsfichten keine auffälligen Mengen von Zug- und Drucktracheiden aufweist, wie dies bei mechanisch verursachter Verdickung stets der Fall ist, so geht daraus hervor, daß die erwähnte Dickenzunahme derselben nicht der Windwirkung zugeschrieben werden darf. Hier setzt nun *Jaccard* mit seiner eigenen Hypothese ein. Nach ihm ist die erhöhte Kambiumtätigkeit, die zur stärkeren Verdickung der Stammbasis führt, eine natürliche Folge der erhöhten Verdunstung in der Krone, welche eine reichlichere Wasser- (und Nährsalz-) Aufnahme veranlaßt, also auch eine Zunahme des Druckes in den Gefäßen resp. eine starke Abgabe von Wasser und Nährsalzen an das Kambium bedingt.

Nachdem *Jaccard* den „Lichtungszuwachs" von den Wachstumsformen auf Zug- und Druckwirkungen ausgeschieden hat, geht er dazu über, diese Wachstumsformen genauer zu bestimmen. Sie finden sich am ausgeprägtesten bei den horizontalen oder geneigten Ästen, die zum Unterschied von dem mehr oder weniger konzentrisch in die Dicke wachsenden vertikalen Schaft exzentrisch in die Dicke wachsen und eine deutliche bilaterale Struktur zeigen. Eine der Ursachen dieses Unterschiedes besteht in der mechanischen Tätigkeit der Schwere, welche auf eine stetige und um so mehr markierte Weise wirkt, als die Äste von der Vertikalen sich entfernen. Unter dem Einfluß ihrer Schwere sind die nicht vertikalen Organe einem Zug auf der Oberseite und einem longitudinalen Druck auf der Unterseite unterworfen, welcher im allgemeinen ein schnelleres Wachstum des Holzes auf der Unterseite nach sich zieht; die verschiedene Intensität des Wachstums auf der Ober- und Unterseite geht Hand in Hand mit einer deutlichen anatomischen Verschiedenheit des erzeugten Holzes. Diese Differenzierung hat nichts von der Festigkeit erblicher Charaktere. Sie erscheint als unmittelbare Reaktion gegenüber dem durch die Schwere hervorgerufenen Zug und Druck und verschwindet mit der sie determinierenden Ursache. Man kann sie experimentell an Stämmen hervorrufen, die man aus ihrer vertikalen Stellung bringt. Auf gleiche Weise tritt sie unter dem Einfluß eines vorherrschenden Windes in Erscheinung, welcher fortgesetzt den Schaft in geneigter Stellung erhält. Sie erweist sich also als indifferent in bezug auf die verschiedenen Seiten des Schaftes oder Astes und ist völlig und unmittelbar reversibel. Der Einfluß eines stetig in derselben Richtung wirkenden Zuges und Druckes äußert sich:

1. durch die ungleiche Aktivität des Kambiums auf der Zug- und Druckseite,
2. durch den Unterschied der Form und der Struktur der Holzelemente sowie durch das relative Verhältnis und die Gruppierung derselben auf den entgegengesetzten Seiten.

Die rätselhafteste Erscheinung dieser beiden Reaktionsformen ist der Unterschied, den sie bei den Nadel- und Laubhölzern zeigen: bei ersteren ist es der longitudinale Druck, welcher im allgemeinen die Zellteilungsfrequenz erhöht und zur Hypotrophie der Äste führt, bei letzteren ist es der longitudinale Zug. Die Laubhölzer erscheinen also im Gegensatz zu den Nadelhölzern meist auf der Oberseite in ihrem Dickenwachstum gefördert, welche Erscheinung man Epitrophie nennt.

Ursprung, welcher mehrere Arbeiten über das exzentrische Dickenwachstum veröffentlicht hat, kommt über eine teleologische Deutung nicht hinaus. Er schreibt: „Es ist zurzeit nicht möglich, das exzentrische Dickenwachstum kausal-mechanisch zu erklären; es liegt aber eine teleologische Erklärung sowohl für die Erscheinung im großen und ganzen als auch für die einzelnen Spezialfälle vor. So fand ich, daß eine Vergleichung der Druck- und Zugfestigkeit auf den beiden antagonistischen Seiten zu einer teleologischen Erklärung der Exzentrizität der Eriodendron-Äste führt; die Zugfestigkeit der Zugseite ist in diesem Falle geringer als die Druckfestigkeit der Druckseite und es ist daher zweckmäßig, daß durch eine stärkere Verdickung der Oberseite die geringere Qualität durch größere Quantität ersetzt wird. Für die Richtigkeit der gegebenen Erklärung

spricht . . . von vornherein ihre logische Herleitung aus einfachen mechanischen Prinzipien und ihre Zurückführung auf umfassende und allgemein gültige Naturgesetze. Immer, bei den dorsiventralen Ästen wie bei den gekrümmten Stämmen, geht das Dickenwachstum nach dem Prinzip der Ausgleichung der Krümmungen vor sich und die Druckfestigkeit der Druckseite der Zugfestigkeit der Zugseite durch exzentrisches Wachstum möglichst gleich gemacht wird. Immer läuft es darauf hinaus, mit dem zu Gebote stehenden Material die größtmögliche Festigkeit zu erzielen."

Was ist aber mit dieser teleologischen Deutung des exzentrischen Dickenwachstums an wissenschaftlicher Einsicht gewonnen? Daß die Schäfte, Äste und Wurzeln eine genügende Festigkeit haben müssen und nicht in Widerspruch zu den Grundregeln der Statik wachsen dürfen, ist selbstverständlich; das ist eine unerläßliche Bedingung ihrer Existenz. Das wissenschaftliche Bedürfnis drängt vor allem zu der kausalen Fragestellung. Es ist das Verdienst *Jaccards*, in seiner neuen, umfangreichen Arbeit: „Nouvelles recherches sur l'accroissement en épaisseur des arbres" (Lausanne 1919) eine durchaus plausible, wenn auch vorläufig noch hypothetische, Lösung der kausalen Seite des Problems versucht zu haben.

Die kausale Fragestellung — soweit sie uns hier interessiert — umfaßt folgende vier Probleme:

1. Wie können die longitudinalen Druckwirkungen die Zellteilungen des Kambiums beschleunigen oder verzögern?
2. Wie kommt es, daß unter diesem Gesichtspunkt die Nadel- und Laubhölzer sich verschieden verhalten?
3. Woher kommt die ungleiche Verholzung, woher die besondere Form der Fasern und Tracheiden?
4. Sind die Zug-Druckwirkungsreaktionen des vertikalen Schaftes ähnlich zu deuten wie die der plagiotropen Äste?

Jaccard weist zunächst darauf hin, wie bei Spalierpflanzen die einseitige Einwirkung der Außenfaktoren (Licht, Wärme) teils verzögernd, teils fördernd auf die Zellteilung des Kambiums wirkt. Dadurch wird die Quantität des gebildeten Holzes nicht größer, aber sie ist anders verteilt, wie bei einer Vergleichspflanze, die über die gleiche Quantität Nahrung verfügt, bei der aber nichts das konzentrische Wachstum stört. Zug- und Druckwirkungen von Biegungen und Krümmungen, die eine gewisse Intensität übertreffen, hemmen die Aktivität des Kambiums in der Ebene der Biegung oder Krümmung. Dadurch wird die Verteilung der im Schaft zirkulierenden Ernährungssubstanzen in der neutralen Zone, wo die hemmende Tätigkeit sich am wenigsten fühlbar macht, vermehrt; mit anderen Worten: der ernährende Strom wird von den seitlichen Zellen angezogen, deren Aktivität in dem Maße sich vermehrt, als das Wachstum der Zellen in der Krümmungsebene sich verzögert. An eine ähnliche Steigerung und Verzögerung des Wachstums infolge ungleichmäßiger Stoffanziehung könnte man auch bei den plagiotropen, dorsiventralen Ästen denken. Einfacher und darum auch plausibler ist die Annahme, daß die Permeabilität der Jungholzzellen auf den beiden antagonistischen Seiten verschieden ist und eine ungleiche Aufnahme der ernährenden Substanzen bedingt. Es erscheint einleuchtend, daß die Durchlässigkeit der Zellwände für Wasser und gelöste Substanzen verschieden sein wird, je nachdem sie unter Zug oder Druck stehen. Wenn wir bedenken, daß die von der Schwere geleistete Biegungsarbeit eines Astes auf 200—250 kg/qcm geschätzt werden darf, so versteht man, daß die erzeugenden Zellen Spannungen unterstellt sind, die wohl geeignet sind, die mizellare Struktur ihrer Wände und infolgedessen auch deren Durchlässigkeit für gelöste Substanzen zu verändern. Unabhängig von ihrem quantitativen Einfluß auf die Geschwindigkeit des Wachstums können Zug- und Druckwirkungen auch einen qualitativen Einfluß auf die Bildung des Holzes ausüben. Die abgerundete Form der Drucktracheiden kann als Gleichgewichtsform von Zellen betrachtet werden, deren innerer Druck durch die Zusammenpressung stark erhöht wurde. Die Form und die gedrängte Anordnung der Druckfasern mit polygonalem Querschnitt scheint bedingt zu sein durch den senkrecht zu ihrer Achse wirkenden Druck, welcher die schon teilweise verholzten Elemente stark gegeneinander preßt. Die Tatsache, daß die Fasern der Zugseite im allgemeinen weniger verholzt sind als die Fasern der Druckseite, wird zum Teil verständlich aus der veränderten Durchlässigkeit der Zellwände, die eine verschiedene Ernährung bedingt. Weiter unten werden wir dafür noch eine zweite Ursache verantwortlich machen.

Außerordentlich geistvoll ist nun der Versuch *Jaccards*, auch das umgekehrte Verhalten der Laub- und Nadelhölzer beim exzentrischen Dickenwachstum dem kausalen Verständnis näher zu bringen. Um seine Deutung zu verstehen, ist es notwendig, die wichtigsten damit in Beziehung stehenden Gesichtspunkte im anatomischen Bau und im physiologischen Verhalten beider Holzarten kurz hervorzuheben. Wir schließen uns dabei eng an *Jaccards* Darstellung selbst an.

1. Bei den Nadelhölzern sind es die Tracheiden, welche auf den mechanischen Reiz reagieren, bei den Laubhölzern besonders die Fasern. (Vgl. Anm. S 6.)

Die sich schneller vermehrenden Tracheiden der Druckseite verdicken ihre Wände und verlieren schnell ihren Charakter als Wasserleitungsorgane; der Transport des Wassers muß infolgedessen leichter auf der Zugseite sich vollziehen, deren Holzelemente weiter, dünnwandiger und mit zahlreicheren Tüpfeln versehen sind.

Indessen muß berücksichtigt werden, daß im Frühjahr, zur Zeit des aufsteigenden Saftstromes

die Tracheiden der unteren Druckseite deutlich dieselbe Form und denselben Charakter besitzen wie die der Zugseite.

Außerdem ist bei der Bildung der in ihrem Querschnitt abgerundeten Drucktracheiden der mechanische Einfluß des Druckes den Ernährungsbedingungen untergeordnet, wie Erfahrungen *Jaccards* bei Pinus uliginosa zeigen.

Bei Sequoia sempervirens, beispielsweise, bilden die ältesten, in ihrer Ernährung geschwächten Äste nicht mehr Rotholz auf der Unterseite, trotz des longitudinalen Druckes, dem sie an dieser Stelle unterworfen sind; die Tracheiden sind dann dünnwandig und von rechteckigem Querschnitt.

2. Bei den Laubhölzern sind es in erster Linie die Holzfasern, welche auf den beiden entgegengesetzten Seiten die größten Unterschiede zeigen.

a) Am häufigsten überwiegt das Verhältnis der Zugfasern auf der Zugseite, das der Druckfasern auf der entgegengesetzten Seite. Was die Gefäße betrifft, so sind dieselben häufig auf der Zugseite breiter und zahlreicher als auf der Druckseite.

b) Die Druckfasern verlieren schneller ihren lebenden Inhalt als die Zugfasern. Die Breite der schwach verholzten, lebenden Zone zwischen Rinde und definitiv ausgebildetem Holz ist beträchtlich größer auf der Zug- als auf der Druckseite.

c) In einer Anzahl von Fällen beobachtet man eine deutliche Korrelation zwischen dem Stärkeparenchym und der Entwicklung von Zugfasern. Die Bildung dieser reduziert das Parenchym und umgekehrt.

3. Bezeichnen wir endlich die physiologischen Unterschiede, zu welchen die anatomischen Verschiedenheiten bei Laub- und Nadelhölzern führen, so ergibt sich

a) eine ungleiche Permeabilität der Faser- und der Tracheidenwände gegenüber dem Wasser; die ersteren sind vollständig verholzt, die letzteren mit durchlässigen Tüpfeln versehen.

b) Bei den Laubhölzern finden wir die Bildung eines Stärke speichernden Holzparenchyms, welches bei den Nadelhölzern fast völlig fehlt.

c) Die beträchtliche Entwicklung von Markstrahlen und besonders die Bildung von Gefäßen, in denen der Wasserstrom schneller sich bewegen kann als in den Tracheiden, sichern eine viel lebhaftere Zirkulation des Wassers bei den Laubhölzern als bei den Nadelhölzern.

Schon ohne die letzten Konsequenzen aus diesem beträchtlichen anatomisch-physiologischen Unterschied der Laub- und Nadelhölzer zu ziehen, begreift man, daß die Reaktionsform des Kambiums gegenüber den Zug- und Druckwirkungen der Schwere und den hierdurch bedingten Ernährungsdifferenzen sowie auch gegenüber einer geotropischen Reizwirkung der Gravitation bei beiden Pflanzengruppen verschieden sein wird. Aber aus den bisher angeführten inneren und äußeren Faktoren versteht man noch nicht, daß der Sinn der Exzentrizität bei beiden Pflanzengruppen so grundverschieden ist. *Jaccard* findet den Schlüssel zum Verständnis dieser rätselhaften Erscheinung darin, *daß die viel geringere Schnelligkeit der Wasserzirkulation bei den Nadelhölzern in Verbindung mit der schwächeren Entwicklung des Reservegewebes dazu beitragen, die Konzentration der zirkulierenden Lösungen zu erhöhen und die Strömung derselben in einem Maße zu verlangsamen, daß die Schwere auf ihre Masse Einfluß gewinnt und den Andrang der organischen Substanzen auf die untere Seite begünstigt.* Es ist wichtig, unter diesem Gesichtspunkt hervorzuheben, daß die Dichtigkeit des Holzes auf der unteren Seite der Koniferen die der Oberseite im allgemeinen übertrifft, während bei den stärkst epitrophen Laubbäumen, wie zum Beispiel der Linde, eine ähnliche Differenz der Dichtigkeit zugunsten der Oberseite kaum beobachtet wird. Wo sie beobachtet wird, wie bei der Rotbuche oder Eiche, ist sie wenig beträchtlich. Die Hypotrophie der Koniferenäste geht also nicht bloß hervor aus einer schnelleren Vermehrung der Zellen, sondern auch aus einem stärkeren Verbrauch von Kohlehydraten in der Volumeneinheit des gebildeten Holzes. Diese stärkere Anhäufung von Kohlehydraten auf der unteren Seite erfolgt jedoch nicht während der Bildung des Frühholzes, d. h. zu einer Zeit, wo die Wasserzirkulation unvergleichlich schneller ist und die Menge des organischen Materials geringer als später. Die einseitige Anhäufung organischen Materials läßt sich auch nicht feststellen bei jungen plagiotropen Sproßachsen, wo die Wasserzirkulation und der osmotische Austausch schneller sind; ebenso ist sie nicht mehr bemerkbar an alten und geschwächten Ästen, wo die Menge des organischen Materials gerade noch genügt, um die Bildung einiger Schichten Leitungsbahnen zu sichern.

Die Jaccardsche Deutung des exzentrischen Dickenwachstums trägt dazu bei, auch den formativen Einfluß der Zug- und Druckwirkungen des Windes auf die Kambiumtätigkeit des vertikalen Schaftes zu klären. Die geheimnisvolle Reizwirkung, die *Schwarz* für die Entstehung des Engholzes verantwortlich macht, läßt sich jetzt — wenigstens hypothetisch — viel bestimmter fassen. Zug und Druck werden hier auf ähnliche Weise modifizierend auf die Permeabilität und Ernährung der Jungholzzellen einwirken, wie bei plagiotropen Ästen.

So scheint bei allen kausalen Theorien der Jahresringbildung diejenige mit den aus der Erfahrung gezogenen Schlüssen am meisten übereinzustimmen, welche in der Ernährung der Kambiumzellen einschließlich der dabei zur Verfügung stehenden Wassermenge die Hauptursache der jeweiligen Wachstumsformen erblickt.

Bringen wir die Ergebnisse der teleologischen und kausalen Betrachtung in den inneren logi-

schen Zusammenhang der Korrelatbegriffe „Zweck“ und „Mittel“, so offenbart sich uns in dem Verhalten der Pflanze eine durchgängige Verknüpfung von Finalität und Kausalität, deren tiefere Erörterung uns in das Gebiet der Naturphilosophie hineinführt. Die Wachstumsformen der embryonalen Gewebe der Pflanzen sind im allgemeinen deutlich auf die Bedürfnisse des Ganzen eingestellt; sie erscheinen aber ebenso deutlich kausal determiniert durch die jeweilig auf ihre spezifische Struktur einwirkenden inneren und äußeren Faktoren. Der pflanzliche Organismus erhebt sich unter diesem Gesichtspunkt nicht über die statische Teleologie der Maschine. *Driesch* stellt diesen sogenannten „offenen“ Formen die geschlossenen „harmonisch-äquipotenziellen“ Systeme der Tiere gegenüber, bei denen die kausale Determinierung in vielen Fällen nicht mehr ausreicht, um das Reaktionsergebnis in seiner teleologischen Einstellung auf das Ganze verständlich zu machen. Diese führen ihn zur Annahme einer dynamischen Teleologie, die den Zweck als immanente Entelechie in die Systeme einführt. —

Anmerkung. Im Anschluß an die teleologische und kausale Deutung des Jahresringes sei auch noch kurz auf seine Bedeutung als „klimatischer Indikator“ hingewiesen, die *Ernst Antevs* in einem zusammenfassenden Referat behandelt hat (Progressus Rei Botanicae 1917 pag. 285—386).

Aus den wesentlichen Ergebnissen des Referates sei zunächst hervorgehoben, daß die Schärfe des Jahresringes in den gemäßigten Zonen wahrscheinlich allgemein nach den Polen hin zunimmt, bis die Klimaverhältnisse anfangen, einen deutlich hemmenden Einfluß auf die Entwicklung der Spezies auszuüben. In der kalten Zone verwischen sich dann die Jahresringe und sind zuweilen kaum mehr zu unterscheiden.

Was die Deutlichkeit der Zuwachsdifferenzen in den Tropen anbelangt, so ist sie in allen Abstufungen zu finden, und es ist nicht ungewöhnlich, daß dieselbe Art je nach den Umständen deutliche Ringe besitzt oder derselben ganz entbehrt. Als Beispiel erwähnt *Antevs* Diospyros virginiana, die in den Tropen jeglicher Spur von Ringen entbehrt, während sie in dem botanischen Garten zu Wien eine scharfe Grenze von Eng- und Weitholz aufwies. Die verschiedenen Deutlichkeitsgrade der Zuwachsdifferenzen in den Tropen deutet *Antevs* sehr richtig als Ausdruck einer verschiedenen Reaktionsempfindlichkeit des Cambiums gegenüber den Außenfaktoren. Ich selbst konnte bei meinen Versuchen graduelle Unterschiede der Reaktionsempfindlichkeit bei verschiedenen Pflanzen feststellen. Während Datura arborea bei Veränderung der Ernährungsbedingungen keinerlei Zuwachsunterschiede zeigte, reagierte Nicotiana wigandioides schon mit einer sehr deutlichen Differenz, die aber ihre schärfste Ausprägung bei Lantana Camara fand. Meine Versuche mit Lantana scheinen auch den richtigen Weg für die Deutung der Tropenringe gezeigt zu haben: als Reaktionsergebnis des je nach der Spezies verschieden empfindlichen Cambiums gegenüber den schwankenden Ernährungsbedingungen.

Die verschiedene Reaktionsempfindlichkeit des Cambiums gegenüber den Außenfaktoren muß, wie *Antevs* in Kapitel 9 hervorhebt, bei paläontologischen Rückschlüssen berücksichtigt werden. Demgemäß erweist sich die Behauptung *Ungers* (1847 p. 267, 271), der aus der Tatsache, daß paläozoologische und untertriassische Hölzer aus unseren und höheren Breitegraden keine oder nur sehr unbestimmte Jahresringe zeigen, den Schluß zieht, daß die damaligen klimatischen Verhältnisse keinerlei Wechsel gehabt hätten, als nicht stichhaltig. Dasselbe gilt für die neueren Schlußfolgerungen *Gothrens*, die sich auf ähnliche Voraussetzungen gründen. Die Befunde an den Tropenpflanzen haben ergeben, daß auch bei einem relativ gleichmäßigen Klima bei stark empfindlichen Pflanzen Ringbildungen auftreten können, und die Erfahrung zeigt uns außerdem Pflanzen von so geringer Reaktionsempfindlichkeit gegenüber den Außenfaktoren, daß wir aus der homogenen Holzbeschaffenheit keinen Rückschluß auf die klimatischen Verhältnisse ziehen dürfen.

Außerordentlich schwierig ist es, aus den Variationen der Jahresringbreite eindeutige Schlüsse auf die Niederschlagsverhältnisse des betreffenden Jahres zu ziehen. Da die wichtigsten Faktoren für einen starken Zuwachs Wärme und reichliche Nahrung sind, wird bei reichlich zugänglichem Grundwasser das Dickenwachstum stark gefördert, selbst bei einem sehr heißen Jahr mit wenig Niederschlägen. Nur bei Bäumen, die durch ihre Standortsverhältnisse leicht an der Trockenheit leiden, kann die Schmalheit des Ringes ein Indikator der Niederschläge sein. Bevor man aber die klimatologische Schlußfolgerung aus der Ringkurve zieht, sind noch andere Faktoren in Rechnung zu setzen, die die Ernährungsverhältnises des Cambiums tiefgreifend beeinflussen, nämlich Lichtstellung und reichliche Samenproduktion. Vor allem ist es wichtig, die organisches Material sehr reichlich verbrauchende Samenproduktion zu berücksichtigen, da sie periodisch ist und zuweilen, wie bei der Kiefer, alle 5—6 Jahre wiederkehrt.

Ein ausführliches Verzeichnis der in vorliegendem Artikel in Betracht gezogenen Literatur bringt meine Arbeit: „Über die Ursachen des periodischen Dickenwachstums des Stammes.“ Zeitschr. f. Botanik 1920.

Deutsche Geologische Gesellschaft zu Berlin.

In der Sitzung vom 3. November sprach Dr. *Schloßmacher* über die **Metamorphose der kristallinen Schiefer im Vordertaunus.** Während bis Anfang der 90er Jahre des vorigen Jahrhunderts der Zug von Phylliten und stark kristallinen Schiefern am Südrande des Tau-

nus für kristalline Sedimente gehalten wurde, betonte *Lossen* zuerst ihre metamorphe Bildungsweise. Ebenso wiesen *Schauff* und *Milch* nachdrücklich auf ihre Umbildung aus Eruptivgesteinen hin. Die Neuaufnahme der Taunusblätter seitens der Preußischen Geologischen Landesanstalt hat nun zu einer eingehenden petrographischen Untersuchung dieser Gesteine genötigt, über deren Ergebnis der Vortragende berichtete. Außer um die phyllitischen Tonschiefer handelt es sich um stark kristalline Schiefer, die als Grünschiefer bezeichnet werden. Als Ausgangsgesteine für diese kommen in Betracht einmal Quarzkeratophyre, also saure Alkaliergußgesteine, ferner Keratophyre und Keratophyrporphyrite. Zu diesen Gesteinen der Keratophyrdiabasreihe gesellen sich linksrheinisch am Rande des Hunsrück noch Diabase. Der Vortragende projizierte mikroskopische Bilder von Dünnschliffen, die z. T. den Eruptivgesteinsursprung der Schiefer noch deutlich erhalten zeigten. Die Ergußgesteinsnatur ist durch das Auftreten von Tuffen und Mandelsteinen belegt. Bei der Umbildung entstanden aus den Quarzkeratophyren Serizitgneise, aus den basischeren Gliedern Grünschiefer. Die Lagerung der neugebildeten Mineralien Serizit, Hornblende, Eisenglanz usw. erfolgte vielfach derart lagenweise, daß man von einer Pseudoschichtung reden kann.

Über die Art der Metamorphose sind die Forschungen noch nicht zu vollkommener Klarheit gelangt. Die Schieferung sowie das Streichen der zahlreichen Quarz-Albittrümer sprechen für Dynamometamorphose. Doch scheint dem Vortragenden der Mineralbestand einiges Bedenken hiergegen wachzurufen: so soll besonders das Auftreten von Axinit mit Fluorit auf den erwähnten Trümern auf postmagmatisch-hydrothermale Bildung hinweisen. Wahrscheinlich drangen hydrothermale Lösungen auf Spalten, die sich bei der Dynamometamorphose bildeten, empor und beteiligten sich an der Mineralneubildung. Da am Nordrand des Odenwaldes Hornfelse auftreten, die in ihrer Natur den Taunusgesteinen sehr ähnlich sind, stellt der Vortragende in Erwägung, ob nicht die Tiefengesteine des Odenwaldes die Ursache für das Auftreten solcher Lösungen sein mögen.

Weiter sprach Geheimrat *Krusch* über **die kolloidale Löslichkeit von sulfidischen Erzen.** Die amerikanische Lagerstättenforschung habe während des Krieges große Fortschritte gemacht, besonders durch Anwendung der Kolloidchemie auf die Bildung der Erze. Ausgedehnte Versuche von *Clarke* und *Menaul* ergaben, daß Sulfide von Schwermetallen zu einem großen Prozentsatz kolloidal löslich sind, so Kupferindig zu 29 %, Pyrit zu 20 %. Man fand nun weiter, daß tonige und kalkige Mineralien diese Sulfide aus kolloidalen Lösungen fällen, wobei es nicht zur Bildung von Pseudomorphosen kommt. Diese neueren Untersuchungen, die jetzt auch in Deutschland fortgesetzt werden, erweitern unsere Kenntnis von der Bildung der Erzlagerstätten und eröffnen neue Gesichtspunkte für die Beurteilung der Entstehung der Erze in der Cementationszone. Auch führen sie zu einer Erweiterung des Systems der metasomatischen Erzlagerstätten, bei dem noch als Unterabteilung die kolloide Metasomatose hinzutritt.

W. D.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Das Leben im Connecticuttale zur Triaszeit. (*R. S. Lull*, State Geological and Natural History Survey of Connecticut, Bull. *24*, 1915). Im Connecticuttale im östlichen Usamerika ist die jüngere Trias in Form einer mächtigen Folge meist braun gefärbter Sandsteine und Schiefer entwickelt, in die sich drei Decken basaltischer Gesteine einschalten. Die Schichtgesteine sind kontinentalen Ursprungs. Sie haben sich in einem Troge abgesetzt, der langsam zwischen Hochgebieten sank, deren Gesteine unter dem Einfluß einer starken Verwitterung standen. Nur zeitweilig gab es in diesem Gebiete dauernde Wasseransammlungen und einen aus Gingkoaceen, Cykadeen und Equisetaceen bestehenden Pflanzenwuchs; meist lag es öde unter brennenden Sonnenstrahlen. So barg dieses in mancher Hinsicht sicher oft wüstenhafte Gebiet keine einheimische Tierwelt, und die Tiere, die es betraten, taten dies nur, um auf möglichst geradem Wege von einem ihnen für dauernden Aufenthalt zusagenden Gebiet in ein jenseits dieser Öde liegendes

Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. Batrachopus gracilis E. Hitchc. sp. Fährte des Vorder- und Hinterfußes von Stegomus longipes Em. u. Loomis. ½ der natürl. Größe.

Fig. 2. Anchisauripes Hitchcocki Lull. Fährte des Hinterfußes von Anchisaurus polyzelus Hitchc. jr. Die erste Zehe berührte den Boden nur mit der Kralle. ½ der natürl. Größe.

anderes zu gelangen. Die Fährten, die ihre Füße in den Schlamm drückten, versteinerten und geben uns Kunde von dem reichen Tierleben jener Zeit. Ein seltsamer Gegensatz: Jene Landstriche, in denen dieses zu Hause war, liefern uns keine Anzeichen desselben, weil damals dort keine Gesteinsbildung stattfand, die gemiedene Wüste dagegen hat uns ein reiches Urkundenmaterial davon übermittelt, das freilich schwierig zu entziffern ist.

Die fossil erhaltenen Reste vorweltlicher Tiere sind in der Connecticuttrias spärlich. Man kennt nur eine Neuropterenlarve, zwei Unionen, einige zwanzig Süßwasserfische und neun verschiedene Reptilien. Zu diesen gehören zwei Aëtosaurier, Stegomus arcuatus Marsh und St. longipes Em. und Loomis, Vierfüßler von Eidechsenhabitus mit einem äußeren Panzer aus Knochenplatten, die erstere Art 2—3 m, die letztere etwa 30 cm lang, ferner zwei Phytosaurier, Rutiodon validus Marsh und R. manhattanensis v. Huene, große Tiere von krokodilartiger Erscheinungsform, sodann vier fleischfressende Dinosaurier, die sich ausschließ-

lich auf den starken Hinterbeinen bewegten und die Vorderfüße niemals auf den Boden stellten (Anchisaurus solus Marsh (1 m lang), A. colurus Marsh (2 m), A. polyzelus Hitchc. jr. (2 m) und Ammosaurus maior (3 m)), endlich der schlanke Compsognathide Podokesaurus holyokensis Talb.

Ungleich reichhaltiger als diese wenigen substanziellen Reste ist das Fährtenmaterial. Man unterscheidet auch bei Fährten Gattungen und Arten, mit der wohlverstandenen Einschränkung, daß es sich dabei um etwas anderes handelt als bei der gewöhnlichen Anwendung dieser Begriffe. Auch wenn es möglich ist, Fährten auf bestimmte, in Skeletten überlieferte Formen zu beziehen, muß man für sie besondere Namen beibehalten. Dies ist leicht begreiflich, wenn man hört, daß Anchisaurus und Ammosaurus so ähnliche Fährten liefern, daß man dieselben nur spezifisch trennt und beide in die Fährtengattung Anchisauripes stellt, und daß Anchisauripes Sillimani wohl sicher als

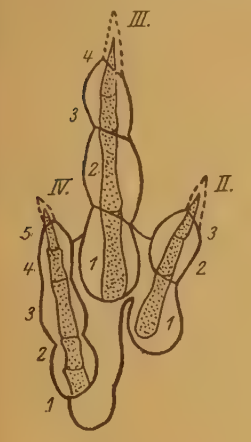


Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 3. Grallator cursorius E. Hitchc. Fährte des Hinterfußes von Podokesaurus holyokensis Talb. Das Fußskelett ist eingezeichnet (punktiert). ⅔ der natürl. Größe.

Fig. 4. Otouphepus magnificus Cushmani. Fährte eines unbekannten Theropoden. ⅓ der natürl. Größe.

Fährte von verschiedenen Tierarten aufzufassen ist. Im ganzen hat die Connecticuttrias 52 Arten von Invertebratenspuren (Arthropoden, Mollusken und Dubia) und nicht weniger als 98 von Wirbeltierfährten geliefert.

Von letzteren möge hier noch etwas ausführlicher die Rede sein. Da sind zunächst Aëtosaurierfährten, wie Batrachopus gracilis, die auf Stegomus longipes bezogen wird (Fig. 1), dann eine Menge Dinosaurierfährten. Ein Teil dieser letzteren stammt von Theropoden, d. h. fleischfressenden Schreckenssauriern, wie z. B. Anchisauripes Sillimani, die als Fährte von Anchisaurus colurus Marsh betrachtet wird, A. Hitchcocki Lull, die zu Anchisaurus polyzelus Hitchc. jr. gehören dürfte. (Fig. 2.) Diese dreizehigen Fährten (vom Hallux drückt sich nur die Kralle ab) sind es, die der erste Erforscher dieser merkwürdigen Fossilien, E. Hitchcock, zunächst auf Vögel bezog und Ornithichnites nannte. Grallator cursorius E. Hitchc. (Fig. 3) ist die Fährte von Podokesaurus holyokensis, mit dessen Fuß sie in Form und Größe übereinstimmt und im gleichen stratigraphischen Horizont und an demselben Fundort vorkommt. Zu den Theropoden wird auch die merkwürdige Fährte Otouphepus magnificus Cushman (Fig. 4) gestellt.

Zu der Dinosaurier-Unterordnung der Orthopoden gehören Formen, die zwar auch nur auf den funktio-

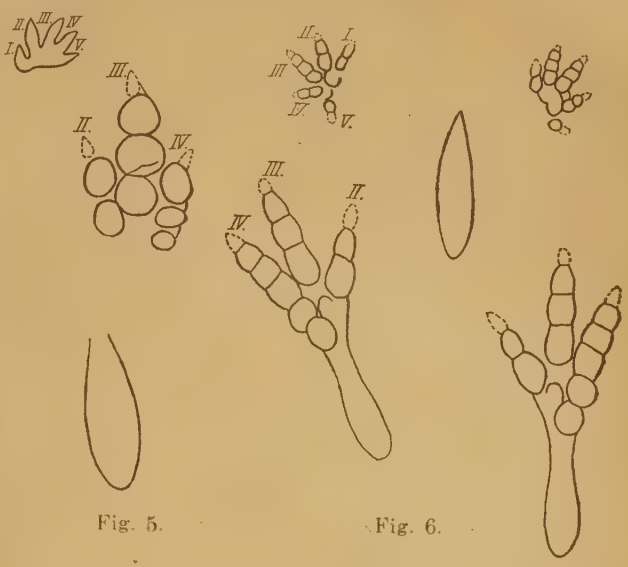


Fig. 5. Fig. 6.

Fig. 5. Sauropus Barrattii E. Hitchc. Fährte des Vorderfußes und der Hinterextremität eines sitzenden orthopoden Dinosauriers. Der hintere ovale Eindruck stammt vom Mittelfuß. ⅛ der natürl. Größe.

Fig. 6. Anoemopus scambus E. Hitchc. Abdrücke aller vier Füße und der Brust eines sitzenden Individuums. ¼ der natürl. Größe.

Fig. 7. Fig. 8.

Fig. 7. Platypterna concamerata E. Hitchc. sp. ¼ der natürl. Größe.

Fig. 8. Plectropterna minitans E. Hitchc. sp. ¼ der natürl. Größe.

nell dreizehigen, mit stumpfen Klauen bewehrten Hinterfüßen gingen, aber die fünfzehigen Vorderfüße wenigstens beim Ruhen gelegentlich auf den Boden stellten, wie z. B. Sauropus Barrattii (Fig. 5), Fährten, die, ehe man sie zusammen fand, unter den verschiedensten Bezeichnungen beschrieben sind. Besonders schön ist die vierfüßige Fährte Anomoepus scambus

E. Hitchc., die auch noch einen Abdruck der Brust aufweist (Fig. 6).

Außer den erwähnten Gruppen haben sich in der Trias des Connecticuttales noch viele Fährten gefunden, die man als solche von Reptilien betrachtet, ohne sie aber einer der uns bekannten Ordnungen zuweisen zu können. Als Beispiele mögen Platypterna concamerata E. Hitchc. sp. (Fig. 7) und Plectropterna minitans E. Hitchc. sp. (Fig. 8) angeführt sein. Ancyropus heteroclitus E. Hitchc. (Fig. 9) stammt vielleicht von einer Schildkröte. Endlich sind noch einige Fußspuren vorhanden, von denen man nicht einmal weiß, welcher Wirbeltierklasse man sie zuweisen soll, z. B. Triaenopus Baileyi E. Hitchc. (Fig. 10).

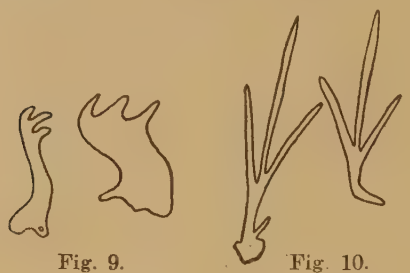


Fig. 9. Fig. 10.

Fig. 9. Ancyropus heteroclitus E. Hitchc. Fährte des Vorder- (links) und Hinterfußes (rechts) einer Schildkröte? ⅓ der natürl. Größe.

Fig. 10. Triaenopus Baileyi E. Hitchc. ¼ der natürl. Größe.

Skelette, mit denen der Paläontologe es meist zu tun hat, sind Zeugnisse des Todes. Fährten sind Urkunden frischen Lebens. Sie sind so recht geeignet, uns ein Bild von dem Reichtum des urweltlichen Tierlebens vor unser geistiges Auge hinzuzaubern; aber der dichte Schleier, mit dem die Natur dieses Bild verhängt hat, erlaubt uns nur einzelne Gestalten deutlich zu erkennen. Versteinerte Fährten sind wie Visitenkarten, deren Inhaber uns nicht antrafen.

Otto Wilckens, Bonn.

Schiffswiderstand und Ramuswirkung bei Stufenbooten (Engineering, 24. Sept. 1920). Infolge der Entwicklung der Verbrennungskraftmaschinen ist inzwischen die *„Ramuswirkung"* bei Gleitbooten und Schwimmern von Seeflugzeugen in weitem Umfange verwertet worden. Im Jahre 1872 machte der englische Prediger *Ramus* der englischen Admiralität Vorschläge über die Ausbildung von Schiffsformen, bei denen der Boden aus stufenartig aneinander anschließenden, geneigten Ebenen bestand. Die Prüfung dieser Vorschläge durch den älteren *W. R. Froude*, der damals seine ersten Modellschleppversuche machte, ergab, daß zu jener Zeit die erfolgreiche Anwendung von Gleitstufen noch nicht möglich war. *Ramus* starb 1896, ohne die Verwirklichung seiner Gedanken, die er schon 1872 mit großer Voraussicht entwickelt hatte, zu erleben.

Ramus schlug vor, den Boden des Schiffes in Form von zwei geneigten Ebenen auszuführen, zwischen denen sich eine bis zur Ruheschwimmlinie reichende Stufe befand (Fig. 1). In der Bewegung sollte sich das Schiff infolge der Reaktion des Wassers emporheben und mit wesentlich vermindertem Widerstand über das Wasser gleiten. Die Geschwindigkeit sollte dann sehr stark gesteigert werden können, ohne den Widerstand erheblich zu vergrößern. Ferner sollte bei derartigen Schiffen eine große Breite möglich sein, da der Widerstand hierdurch nicht ungünstig beeinflußt wurde. Eine Grenze sollte die Geschwindigkeit nur im Luftwiderstand finden. Zur genauen Ermittlung des Neigungswinkels der Gleitflächen, der Stufenbreite und der Abmessungsverhältnisse hielt *Ramus* eingehende Versuche für erforderlich. Anschließend berichtet er über eigene Versuche mit einem Modell von 79 cm Länge, 29 cm Breite, 7,5 cm Tiefgang, 1,6 kg Gewicht und mit einer Neigung der Gleitflächen von 10°, das er bei Geschwindigkeiten bis zu 15 Knoten untersuchte. Bei 10 Knoten Geschwindigkeit verminderte sich der Widerstand merklich, und bei 15 Knoten glitt das Modell über das Wasser hinweg, wobei nur die hinteren Kanten der Stufen das Wasser berührten. Später schlug *Ramus* noch Änderungen

Fig. 1.

für den Neigungswinkel vor und arbeitete das Projekt eines Schiffes von etwa 110 m Länge, 15,3 m Breite, 2,1 m Tiefgang und 2500 Tonnen Verdrängung aus. Mit 1400 Pferdestärken (Seitenradantrieb) hoffte er, eine mittlere Geschwindigkeit von 30 Knoten, bei günstigem Wetter 50—60 Knoten zu erzielen. Gegenüber dem in Fig. 1 dargestellten Modell sollten Vorschiff und Heck normale Formen erhalten. Später wurde die Vorschiffsform noch etwas geändert, vor allem die erste Gleitfläche leicht gekrümmt. Mit dieser Form machte *Froude* im Juli 1872 die ersten Modellversuche.

Es wurden zwei Modelle in den Maßstäben 1 : 36 und 1 : 108 geschleppt, um an ihnen gleichzeitig auch das Ähnlichkeitsgesetz zu untersuchen. Außerdem wurde ein entsprechendes Modell normaler Schiffsform, das Pro-Ramusmodell, im Maßstabe 1 : 36 geschleppt. Auf Schiffsgröße umgerechnet ergaben sich für die Modelle folgende Widerstände:

Geschwindigkeit	Ramus		Pro-Ramus	
	Gesamtwiderstand	Verdrängung pro 1 t Gesamtwiderst.	Gesamtwiderstand	Verdrängung pro 1 t Gesamtwiderst.
Kn.	t	t	t	t
10	14,3	175	8	312
12	23,6	106	13,4	190
17,8	73,2	34	43	52
22	381	6,5	297	7,6
130	509	5	(1500)	1,7

Der für das Pro-Ramus-Modell gegebene Widerstand von 1500 t bei 130 Knoten ist nur rechnungsmäßig festgestellt, weil mit dem größeren Modell nicht die entsprechende Versuchsgeschwindigkeit erzielt werden konnte; dieser Widerstand ist rund dreimal so groß wie beim Ramusmodell. Bei etwa 65 Knoten waren die Widerstände gleich groß. Nun war die Pro-Ramus-Form allerdings nicht für hohe Geschwindigkeiten geeignet; eine Torpedobootsform würde bei 52 Knoten Geschwindigkeit 12 t Verdrängung pro

1 t Schubwiderstand ergeben, statt 7,6 t beim Pro-Ramus. Bei 65 Knoten, wo die Überlegenheit des Ramusmodells begann, waren 192 000 Schubpferdestärken erforderlich, d. h. etwa 70 pro Tonne Verdrängung. Bei einem Propulsionswirkungsgrad von 40 % wären also 170 PSi pro Tonne Verdrängung erforderlich gewesen, d. h. eine rund 300mal größere Maschinenleistung als *Ramus* geschätzt hatte. Nun leisteten 1872 die Kriegsschiffsmaschinen 6—7 PS pro Tonne Gewicht; die leichteste derzeit existierende Maschinenanlage der Yacht „Miranda" gab 36 PS pro Tonne Maschinengewicht. Die Undurchführbarkeit der Vorschläge von *Ramus* war damit bewiesen.

Im letzten Jahrzehnt sind die Flugzeugmotoren auf eine Leistung von über 1000 PS pro Tonne Maschinengewicht gekommen; damit ist die Anwendung der Ramuswirkung bei kleineren Fahrzeugen ermöglicht.

Froudes Bericht enthält interessante Versuchseinzelheiten. So trimmte das Modell stark nach achtern, und für geringe Geschwindigkeiten ergab sich zunächst eine Vergrößerung des mittleren Tiefganges; erst bei Geschwindigkeiten, die beim Schiff über 46 Knoten liegen, zeigte sich die hebende Wirkung der Gleitflächen. Bei 63 Knoten betrug der mittlere Tiefgang 40 % des ursprünglichen. Bei einer Modellgeschwindigkeit von 298 m pro Minute (98 Knoten Schiffsgeschwindigkeit) wurde eine starke Heckwelle nachgeschleppt, deren Sog das Modell in eigentümlicher, unstabiler Lage nur auf das Ende der hinteren Stufe stellte (Fig. 2a). Etwa in der Mitte der Schleppbahn löste sich diese Heckwelle los, das Modell ruhte dann auf beiden Stufen mit einem mittleren Tiefgang von 30 % des ursprünglichen auf beiden Stufen (Fig. 2b). In dieser Lage war der Widerstand 9 % geringer als beim Gleiten auf einer Stufe. Da der Reibungswiderstand beim Gleiten auf zwei Stufen selbstverständlich größer war als in der unstabilen Lage, konnte der größere Gesamtwiderstand nur auf die nachgezogene Heckwelle zurückgeführt werden.

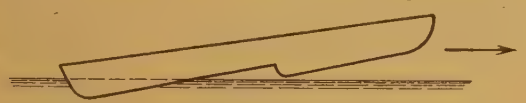


Fig. 2a.

Fig. 2b.

Die Versuche ergaben, daß man für ein Motorboot von 4 Tonnen Verdrängung bei mehr als 22,25 Knoten Geschwindigkeit gegenüber normaler Form einen Vorteil erzielen würde. Ein solches Boot würde bei 30 Knoten etwa 150, bei 35 Knoten nur 188 Schubpferdestärken gebrauchen.

Alle diese Angaben gaiten für die Erstlingsmodelle von *Ramus* und *Froude*. Verbesserte Formen, die in den letzten Jahren entwickelt wurden, hatten etwa 25 % geringeren Widerstand. Bei Küstenverteidigungsbooten wurden pro Tonne Verdrängung 60—80, bei Rennbooten bis zu 450 Bremspferdestärken eingebaut.

Unter der Annahme, daß der Auftrieb geneigter Ebenen mit dem Sinus des Neigungswinkels und dem Quadrat der Bewegungsgeschwindigkeit und der Reibungswiderstand mit dem Quadrat der Geschwindigkeit des Wassers am Schiffskörper entlang wachsen, errechnet *Froude* ein Widerstandsminimum bei 3½° Neigung der Gleitflächen. Spätere Versuche bestätigten diese theoretische Überlegung.

Im Jahre 1873 schlug *Ramus* den Bau von Gleitbooten von 100—200 Tonnen Verdrängung vor, die durch den Rückstoß von Raketen angetrieben werden sollten. Auf Veranlassung von *Froude*, der rechnerisch die unzureichende Arbeitsleistung von Raketen nachwies, wurden diese Vorschläge nicht weiter verfolgt. *Commentz.*

Erdharz. Unter dem Namen „Erdharz" hat sich neuerdings ein Produkt Eingang auf den Harzmarkt verschafft, welches aus bestimmten Sorten unserer ostdeutschen Braunkohlen gewonnen wird. Die Gewinnung dieses Materials ähnelt der des Montanwachses. Die Produkte selbst aber sind wesentlich voneinander unterschieden; während das Montanwachs einen *Wachsgehalt* durchschnittlich von *80—90 %* und einen Harzgehalt von 10—20 % hat, besitzt das Erdharz einen *Harzgehalt von 80* und einen Wachsgehalt von nur 20 %. Aus diesem Harz-Wachs-Gemisch *„Erdharz"* wird auch ein *Reinharz* ohne Wachs hergestellt.

Diese Harze scheinen geeignet zu sein, den bisher verwandten ausländischen Harzen, mit Bezug auf ihre Qualität, und den in Deutschland hergestellten Kunstharzen, vor allem mit Bezug auf deren Preise, eine ernsthafte Konkurrenz zu werden.

Eine Untersuchung des rohen Erdharzes sowie des vom Wachs befreiten reinen Harzes ergab die folgenden Konstanten:

Deutsches Erdharz:	
Schmelzpunkt nach *Krämer* und *Sarnow*	80 °
Säurezahl	24,45
Verseifungszahl nach *Marcussen*	36
Verseifungszahl nach *Salvaterra*	74
Asche	Spuren
Reinharz:	
Schmelzpunkt	97 °
Säurezahl	12,5
Verseifungszahl nach *Marcussen*	50

Die Verseifungszahl nach *Salvaterra* war 101

Das Erdharz ähnelt in seiner Zusammensetzung dem (dem indischen Schellack nahe verwandten) Madagaskar-Schellak. Dieser Madagaskar-Schellack wird ebenso wie der indische Schellack von einer Schildlaus erzeugt, zeigt jedoch gegenüber dem indischen Schellack einen Unterschied durch seinen Wachsgehalt, er hat etwa 50—60 % Harzgehalt und 20—30 % Wachsgehalt, ist also dem deutschen Erdharz in seiner Zusammensetzung sehr ähnlich.

Nach angestellten Versuchen eignet sich das Material für die Papierleimung bis zu den Papieren von der Helligkeit einer Postkarte. In der elektrotechnischen Industrie, bei der Verwendung zu Isoliermaterialien ist es den Naturharzen weit überlegen und kostet nur einen Bruchteil der jetzt für diese Zwecke verwandten Kunstharze. Besonders hervorzuheben ist hier die geringe Säurezahl des Erdharzes gegenüber der hohen Säurezahl z. B. von Colophonium, welche 145—185 beträgt.

Durch die geringe Säurezahl ist die Gewähr gegeben, daß nicht, was bei Colophonium z. B. der Fall ist, Metall oder andere leicht angreifbare Materialien geschädigt werden. Seine Dielektrizitätskonstante ist 3,1, sie liegt also höher als die von Kautschuk resp. Ebonit, welche bei 2,8 liegt. Auch

seine Durchschlagfestigkeit ist, wie eine Untersuchung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ergeben hat, eine sehr hohe. Schließlich ist ein weiteres umfangreiches Verwendungsgebiet für die aus Braunkohle hergestellten Harze die Lackfabrikation. Es sind z. B. die Harze mit Erfolg verwandt worden bei der Fabrikation von Eisenlacken, Fußbodenlacken, Flaschenlacken, Kapsellacken, Lederlacken, Linoleumkitt, Mattierungen und Schiffslacken.

Allgemein kann gesagt werden, daß sich diese aus einheimischen Rohstoffen hergestellten Harze überall da als Ersatz für die bisher eingeführten Harze eignen, wo es nicht so sehr auf die Farbhelligkeit der herzustellenden Materialien ankommt. Die Produkte werden hergestellt durch ein Erdharzwerk in Zittau (Sachsen) und als „deutsches Erdharz" in den Handel gebracht. *Ss.*

Deutscher Meteorologentag in Leipzig. Die Deutsche Meteorologische Gesellschaft hielt ihre 13. Versammlung nach neunjähriger Pause am 5. und 6. Oktober 1920 in Leipzig ab. Die Tagung, die von etwa 70 Teilnehmern, darunter auch solchen aus Österreich, Norwegen und Schweden besucht war, nahm einen überaus anregenden Verlauf.

Es wurden folgende Vorträge gehalten:

1. *G. Hellmann* (Berlin): Welchen Einfluß hat der Krieg 1914—1918 auf die Meteorologie gehabt?
2. *A. Schmauß* (München): Ursache und Wirkung in der Meteorologie.
3. *F. M. Exner* (Wien): Welche Rolle spielt die Stratosphäre in den Zyklonen und Antizyklonen?
4. *P. Schreiber* (Dresden): Die Anwendung graphischer Methoden in der Meteorologie.
5. *W. Schmidt* (Wien): Wird die Lufthülle der Erde durch Konvektion von der Erdoberfläche her erwärmt?
6. *M. Möller* (Braunschweig): Der Gezeiteneinfluß auf das atmosphärische Verhalten in der arktischen Zone.
7. *F. Herath* (Lindenberg): Luftelektrische Höhenbeobachtungen mittels Fesselaufstiegen.
8. *R. Wenger* (Leipzig): Über atmosphärische Wellenbewegungen.
9. *G. Stüve* (Lindenberg): Die Temperatur-Inversion als Gleitfläche.
10. *R. Süring* (Potsdam): Über die meteorologische Bedeutung der Polarisationsgröße.
11. *L. Weickmann* (München): Ergebnisse des Feldwetterdienstes in der Türkei.
12. *A. Defant* (Wien): Die Zirkulation der Atmosphäre in außertropischen Breiten.
13. *E. Barkow* (Potsdam): Die Ergebnisse der Drachen- und Ballonaufstiege der Deutschen Antarktischen Expedition 1911/12.
14. *E. Alt* (München): Die Darstellung der jährlichen Niederschlagsperiode durch Pentadenmittel.
15. *W. Köppen* (Hamburg): Polwanderungen, Kontinentverschiebungen und Klimageschichte.
16. *Frhr. K. von Bassus* (München): Abbildungen der Flußläufe in Wolkendecken.
17. *C. Kassner* (Berlin): Vorführung eines Wetterfilms.
18. *A. Wegener* (Hamburg): Über Zirruswolken.
19. *W. Ficker* (Innsbruck): Beziehungen zwischen Druck und Temperatur in der Troposphäre.
20. *A. Roschkott* (Wien): Über die Temperaturverhältnisse in natürlichen Höhlen. Meteorologische Ergebnisse der Höhlenforschung.
21. *A. Wiegand* (Halle): Ionisationsmessungen bei Luftfahrten.
22. *O. Tetens* (Lindenberg): Die Sichtbeobachtungen des Aeronautischen Observatoriums zu Lindenberg.
23. *L. Lammert* (Leipzig): Die freie Atmosphäre bei Südföhn.
24. *R. Dietzius* (Wien): Die Windrichtungen über Wien nach Pilotballonaufstiegen.
25. *J. Schubert* (Eberswalde): Über den Seewind bei Neufahrwasser.

An fast sämtliche Vorträge schloß sich eine lebhafte und interessante Erörterung. Die Bedeutung der Turbulenz, der Diskontinuitätsflächen und namentlich die von der Bjerknesschen Schule verfochtene Auffassung der Strömungslinien und der Wellenbewegungen in der Atmosphäre als neue Grundlagen für die Wetterprognose nahmen dabei einen breiten Raum ein. Auch eine Besichtigung des von *R. Wenger* geleiteten geophysikalischen Instituts der Universität und dessen Einrichtungen bot den meisten Teilnehmern vielfach neue Anregungen. *O. B.*

Astronomische Mitteilungen.

Ein merkwürdiges Objekt 13. Größe ist Ende Oktober von *Baade* auf Aufnahmen mit dem 100-cm-Reflektor der Hamburger Sternwarte gefunden worden, das durch die Art seiner Bewegung sogleich auffiel. Sein verwaschenes Aussehen auf den Platten ließ zunächst einen schwachen Kometen vermuten, jedoch scheint es sich in Wirklichkeit um einen kleinen Planeten zu handeln, der der Größe seiner mittleren täglichen Bewegung (oder seiner mittleren Entfernung von der Sonne) nach zu urteilen zu der bekannten Jupitergruppe der kleinen Planeten gehören könnte, was aber wegen der großen Bahnneigung und Bahnexzentrizität nicht wohl möglich ist. Die Bahnbestimmung durch *Stracke* im Astronomischen Recheninstitut ergab die Elemente:

Epoche 1920 November 0,5.

Äquinox 1920,0.

Mittlere Anomalie 348° 33′ 35″,4.

Länge des Perihels 57° 38′ 40″,2.

Länge des aufsteigenden Knotens der Bahn auf der Ekliptik 21° 22′ 26″,8.

Neigung der Bahn gegen die Ekliptik 41° 28′ 58″,6.

Exzentrizitätswinkel 37° 31′ 0″,8 (Exzentrizität also 0,61).

Mittlere tägliche Bewegung 320″,085.

Große Halbachse der Bahn in Einheiten der Erdbahnhalbachse 4,971 58.

Die beiden letzteren Werte sind für Jupiter rund 299″ und 5,203. Das Objekt stand um 1 Uhr nachts am 16. November in der Rektaszension 0^h $23{,}7^m$, Deklination $+14°$ 12′, am 20. November in 0^h 19.3^m und $+15°$ 3′. Sein Abstand von der Erde in Einheiten der mittleren Entfernung Sonne—Erde war am 16. November 1,38, am 20. November 1,40. Im 65-cm-Refraktor der Berliner Sternwarte in Babelsberg erschien es den Beobachtern *Bernewitz* und *Pavel* durchaus sternartig, ohne eine Spur von kometarischer Hülle. *Guthnick.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 53. (Seite 1033—1061) **31. Dezember 1920.** **Achter Jahrgang.**

INHALT:

Die Steigerungsmöglichkeiten der landwirtschaftlichen Lebensmittelproduktion. Von *K. Ereky, Budapest.* S. 1033.

Die Entwicklung unseres Planetensystems. Von *Fr. Nölke, Bremen.* S. 1038.

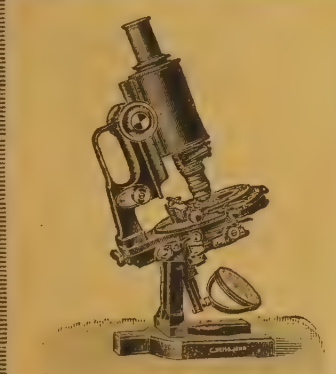
Besprechungen:
Hayek, H. v., Das Tuberkuloseproblem. Von *Seitz, Leipzig.* S. 1043.
Reinke, J., Kritik der Abstammungslehre. Von *P. Stark, Leipzig.* S. 1044.

Zuschriften an die Herausgeber:
Die British Association Von *Hugh Richardson.* S. 1045.

Botanische Mitteilungen. S. 1045—1047:
Untersuchungen über die Beeinflussung der Protoplasmaströmung der Characeen durch mechanische und osmotische Eingriffe. Die Entstehung der schwarzen Färbung bei den Pflanzen. Notiz zur Kohlensäureassimilation von Neottia. Untersuchungen über die Entwicklungsphysiologie des Pilzmycels. Künstliche haploide Parthenogenese bei Vaucheria und die geschlechtliche Tendenz der Keimzellen gemischtgeschlechtlicher Pflanzen. Das Wachstum der Zostera marina L. Über Form und Darstellung der Wachstumskurven. Die künstliche Zelle. Oenothera fallax Renner und die Nomenklatur der Oenotherenbastardierungen. Über einige physiologische Wirkungen des Osmiumtetroxyds.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten. S. 1047—1048:
Die heutigen Anschauungen über den Bau und die Entstehung der Alpen. Schwedische geophysikalische Gesellschaft. Versuche, durch starke elektrische Felder Elektronen aus Metalloberflächen herauszuziehen.

ZEISS



Mikroskope

und mikroskopische Hilfsapparate

Paraboloid-Kondensor

für Dunkelfeldbeleuchtung

Lupen, Epidiaskope

Projektions-Apparate

Kleiner Projektionsapparat für Diapositive

Druckschriften kostenfrei

BERLIN HAMBURG CARL ZEISS JENA WIEN BUENOS AIRES

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"
Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 30.— für das Vierteljahr bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt M. 3.—.
Anzeigen für das Inland werden zum Preise von M. 1.50 für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

SANGUINAL

Originalgläser à 100 Pillen in den Apotheken.

Prospekt zu Diensten.

in Pillenform

ein von der Ärztewelt seit Jahren anerkanntes, sehr bewährtes
blutbildendes Eisenpräparat von höchster
Wohlbekömmlichkeit.
Ausgezeichnet gegen **Blutarmut und Bleichsucht.**

KREWEL & Co., G.m.b.H. & Cie., COLN a. Rh.

Die Anschaffung des (225)
Handwörterbuchs der Naturwissenschaften

10 Bände in Halbleinen 1500 Mk., Auslandspreis 3000 Mk., erleichtert durch Verteilung des Betrages auf mehrere Jahre oder Amortisation in 10% Monatsraten. Das Werk wird sofort vollständig geliefert. Ein Band gern zur Ansicht.
H. Meusser, Buchhandlung
Berlin W 57/9, Potsdamer Straße 75

Photo-Apparate
Objektive Mikroskope
Gg. Leisegang Berlin
Potsdamer Str. 138 a. d. Linkstr.
Tauentzienstr. 12 a. d. Kirche
Schloßplatz 4 (Abtlg. gibr. Gegenst.)

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Theoretische Mechanik

Eine einleitende Abhandlung über die Prinzipien der Mechanik

Mit erläuternden Beispielen und zahlreichen Übungsaufgaben

von

A. E. H. Love,

Ordentlicher Professor der Naturwissenschaft an der Universität Oxford

Autorisierte deutsche Übersetzung der zweiten Auflage von

Dr.-Ing. **Hans Polster**

Mit 88 Textfiguren

Preis M. 48.—; gebunden M. 54.— (und Sortimentszuschlag)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Achter Jahrgang. 31. Dezember 1920. Heft 53.

Die Steigerungsmöglichkeiten der landwirtschaftlichen Lebensmittelproduktion.

Von K. Ereky, Budapest.

Die menschlichen Lebensmittel werden mit Hilfe synthetischer Arbeitsvorgänge der lebenden Organismen produziert. Das Weizenkorn, der Krautkopf, die Kartoffelknolle und alle übrigen vegetarischen Nahrungsmittel erzeugen die Pflanzen aus anorganischen Verbindungen, während die Lebensmittel tierischen Ursprunges von den Tieren in der Weise hergestellt werden, daß diese das Pflanzenfutter verzehren und es zu Fett, Fleisch und Milch verarbeiten.

Die Natur hat die Beständigkeit der Lebensmittelerzeugung und des Lebens auf der Erde in der Weise sichergestellt, daß sie die Tiere sich von den Produkten der Pflanzen erhalten läßt und mit den tierischen Exkrementen die Pflanzen ernährt. So versteht die Natur das Gleichgewicht in ihrem Haushalte aufrecht zu erhalten, und so kommt es, daß der Sauerstoff- und Kohlensäuregehalt der Luft sich stets gleich bleiben. Die Pflanzen verarbeiten nämlich genau so viel Kohlensäure zu Sauerstoff, wie Mensch und Tier Sauerstoff in Kohlensäure umwandeln. Und ähnlich spielt sich der Vorgang im Boden ab. Der verweste tierische Organismus und die verfaulte Pflanze geben dem Boden genau so viel anorganische Nährsalze zurück, wie ihm die lebende Pflanze entzieht. Wenn nun der Mensch in den Kreislauf der Natur eingreift und einerseits durch Düngen, Ackern, Säen, Jäten die äußeren Lebensbedingungen der Nutzpflanzen in der Weise gruppiert, daß er in möglichst großen Mengen Getreide, Kartoffeln und Viehfutter erhält, andererseits seinen Kälbern, Kühen und Schweinen Ställe baut, damit sie, unbeeinflußt von der Ungunst der Witterung, Fleisch, Fett, Milch produzieren, *dann wirtschaftet er*, das heißt: *er erzeugt Lebensmittel.*

Freilich ist die Natur zur Produktion von Nahrungsmitteln nicht auf die menschliche Hilfe angewiesen. Sie hat Nährstoffe hergestellt, lange bevor es überhaupt Menschen auf der Erde gab, und sie erzeugt auch jetzt fortwährend ohne jede künstliche Einwirkung Lebensmittel. Aber in der Macht des Menschen steht es, die Lebensbedingungen der Nährstoffe erzeugenden Pflanzen und Tiere so zu gruppieren, daß qualitativ besser und quantitativ mehr erzeugt wird. Wie nun diese Produktionsverbesserung und -steigerung zu geschehen hat, darüber gibt uns Auskunft die physiologische Chemie und die Biologie.

Zum Gedeihen des Pflanzenlebens auf der Erde sind folgende fünf Faktoren Vorbedingung: die Sonnenlichtenergie, die Kohlensäure der Luft, die Bodenwärme, die Bodenfeuchtigkeit und die Nährsalze. Sind diese Faktoren im richtigen Verhältnis vorhanden, so wird die Pflanzenzelle in den Stand versetzt, hochmolekulare organische Verbindungen zu bilden, welche dann zum Teil dem Menschen zur Nahrung dienen, zum Teil als Futtermittel und Industrierohstoffe Verwendung finden. Nun entziehen sich zwei Faktoren — die Sonnenlichtenergie und der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre — vollständig jedem künstlichen Eingriff von seiten des Menschen. Indessen genügt eine kurze Betrachtung, um zu erkennen, daß diese beiden Bedingungen in unerschöpflichem Maße vorhanden sind.

Die Sonne gibt an ein Hektar Boden jährlich eine Wärmemenge ab, die 5 000 000 kg Kohle entspricht[1]), wobei 1 kg Kohle mit 8000 Kalorien gerechnet wird. Laut Schätzungen beträgt der durchschnittliche Ertrag der ganzen Erde (ohne menschliches Eingreifen) *pro Hektar und Jahr 2000 kg Pflanzentrockensubstanz, deren Verbrennungswärme rund 8 Millionen Kalorien ausmacht.* Nun benötigt man aber zur Erzeugung einer Wärmeenergie von 8 Millionen Kalorien nur 1000 kg preußische Kohle, während die Sonne, wie oben angeführt wurde, an 1 ha Boden eine solche Wärmeenergie ausstrahlt, die 5 Millionen Kilogramm Kohlen entspricht; es wird also ersichtlich, daß die Pflanze von je 5000 Kalorien der Sonnenenergie nur eine Kalorie für die lebendige Natur in Anspruch nimmt und die übrigen 4999 Kalorien einfach verloren gehen läßt.

Da die Jahresproduktion der Erde an Pflanzentrockensubstanz sich auf 30 Milliarden Tonnen[2]) beläuft, und da die Hälfte dieser gewaltigen Masse aus Kohle besteht, zu deren Erzeugung gemäß stöchiometrischer Berechnungen eine Kohlensäuremenge erforderlich ist, die das Gewicht der Kohlenmasse um das Vierfache übersteigt, benötigt die gesamte Pflanzenproduktion der Erde in einem Jahre $6 \cdot 10^{13}$ kg Kohlensäure. Demgegenüber beträgt der gesamte Kohlensäure-

[1]) *Ciamician-Großmann*, Die Photochemie der Zukunft, 1913, Verlag Enke.

[2]) *Liebigs* Schätzung in Hektar umgerechnet gibt den Durchschnittsertrag der Erde an Pflanzen mit 2500 kg an. In der obigen Berechnung sind nur 2000 kg pro Hektar angenommen. Das Festland der Erde umfaßt 151 482 943 km².

gehalt der Atmosphäre $3000 \cdot 10^{13}$ kg. Die Pflanzenvegetation würde demnach theoretisch binnen 500 Jahren den gesamten Kohlensäurevorrat der Atmosphäre verbrauchen, wenn die Tierwelt durch die Atmung nicht immer neue Kohlensäure erzeugte.

Die Pflanzenwelt der Erde nimmt, wie oben ausgeführt wurde, von je 5000 Kalorien Sonnenwärme nur eine Kalorie für die lebendige Natur in Anspruch, die Kohlensäure hinwiederum steht der Vegetation in so unbeschränkter Menge zur Verfügung, daß sie als unerschöpflich bezeichnet werden kann. Der Lichtenergie der Sonne und des Kohlensäurevorrates der Atmosphäre halber könnte also die gesamte Pflanzenerzeugung der Erde *ins Ungemessene gesteigert* werden. Nicht so verhält es sich jedoch mit dem Niederschlag und mit den Nährsalzen des Bodens.

Messungen haben ergeben, daß in dem Laboratorium der Pflanzenzelle für die Erzeugung jedes Kilogramms Trockensubstanz 350—600 kg Betriebswasser[3]) erforderlich sind. Wenn demnach 1 ha Boden 3000 kg Pflanzentrockensubstanz erzeugt, werden dazu $3000 \times 600 = 1\,800\,000$ kg Betriebswasser benötigt. Diese Wassermasse würde, auf die Fläche eines Hektars gleichmäßig verteilt, einer Säule von $\frac{1800\ \text{m}^3}{10\,000} = 0{,}18$ m oder 180 mm Höhe entsprechen. Da die Niederschlagsmenge auf dem Kontinente höchstens 1000 mm beträgt, so kann man unter Berücksichtigung dessen, daß ein Viertel der Niederschlagsmenge durch Verdunstung, Versickerung usw. verloren geht, die Höchstleistung der Pflanze an Trockenmasse auf 3000 kg $\times \frac{750\ \text{mm}}{180\ \text{mm}} = 12\,000$ kg per Hektar veranschlagen. Will man mehr produzieren, so muß man schon künstlich bewässern, was beim Gartenbau ja auch mit gutem Erfolge geschieht.

Auf den Berliner Rieselfeldern beträgt der jährliche Wasserstand, zusammengesetzt aus Niederschlagsmenge und künstlicher Bewässerung, 1500 mm, und dementsprechend beläuft sich der Bodenertrag auf 15 000—16 000 kg Pflanzentrockenmasse.

Die Leistungsfähigkeit der Pflanzen hängt ferner auch in hohem Maße von der Bodenwärme ab. In kaltem Boden, auf welchem die täglichen Temperaturschwankungen ihren Einfluß ausüben, können die Pflanzen nicht so gut gedeihen wie in warmer Erde, in welcher durch Verwesung von Humusbestandteilen eine ständig gleichmäßige, hohe Temperatur herrscht. Hierin liegt die Erklärung, daß die Kulturpflanzen mit Kunstdünger allein nicht ernährt werden können, sondern auch auf Stalldünger und Humus angewiesen sind.

Bezüglich der Pflanzennährsalze ist bekannt, daß sich ein bemerkenswerter Mangel nur hinsichtlich des Kalis, Phosphors, Stickstoffs und Calciumsalzes bemerkbar zu machen pflegt. Da jedoch die Elemente, woraus sich die angeführten Nährsalze zusammensetzen, in der Natur in unerschöpflicher Menge gefunden werden, ist es nur eine technische und finanzielle Frage, welche Mengen an diesen Salzen erzeugt werden sollen.

Die Landwirtschaft geht darauf aus, durch Anbau von Pflanzen unter Verwertung der erwähnten fünf Produktionsfaktoren hochmolekulare, organische Verbindungen zu erzeugen. *Strakosch*[4]) hat verschiedene Kulturpflanzen unter gleichen äußeren Bedingungen angebaut, bis zur Reife gebracht und dann verbrannt. Es ergaben sich bei den Pflanzen folgende Verbrennungswärmen in Kalorien gemessen:

	1 ha erzeugt Millionen Kalorien
Zuckerrübe	22,3
Kartoffel	9,5
Gerste	6,8
Hafer	6,2
Weizen	5,4
Roggen	4,9

Die einzelnen Pflanzen arbeiten also nicht mit dem gleichen Wirkungsgrade. Die ökonomischste Kulturpflanze ist die Zuckerrübe, die die Lichtenergie der Sonne mit dem größten Erfolge ausnützt. Werden auch die anderen Kulturpflanzen so gut ausgezüchtet, wie es mit der Zuckerrübe geschieht, so steht der Produktionssteigerung nichts im Wege. Wenn uns die nötige Wassermenge, Stall- und Kunstdünger zur Verfügung stehen, ist es sogar nicht ausgeschlossen, auf einem Hektar Weizenkorn und Zuckerrüben in Mengen zu erzielen, die die üblichen weit weit hinter sich lassen.

Auf den Versuchsstationen können die günstigen Bedingungen künstlich geschaffen werden. Ob dann die auf solche Weise gewonnenen Methoden der Mehrproduktion auch in der Praxis angewendet werden können, das ist eine reine *Geldfrage*. Wenn beispielsweise die Erzeugung von 100 kg Zuckerrüben auf einer gegebenen Fläche auf 2000 M. zu stehen kommt, die Erzeugung von 110 kg aber auf 4000 M., so wird der praktische Landwirt eine Produktion von über 100 kg nicht mit Gewalt zu erzielen suchen. Dieser theoretischen, teueren Mehrproduktion kommt trotzdem große Wichtigkeit zu, da sie den Weg zur weiteren praktischen Entwicklung öffnet. Das erste Kilogramm Aluminium hat Hunderttausende gekostet, während vor dem Kriege der Preis eines Kilogramms 2 M. betrug. Der Weg der Entwicklung ist bei der Produktion stets der — ob es sich nun um Zucker, Weizen oder Aluminium handelt —, daß in jedem einzelnen Falle die Wissenschaft vorerst die Bedingungen der Mehrproduktion feststellt, und erst danach werden die Methoden der Verbilligung ausgearbeitet.

[3]) *Wölfer*, Grundsätze und Ziele neuzeitlicher Landwirtschaft, IV. Aufl., Verlag Paul Parey 1914.

[4]) *Strakosch*, Das Problem der ungleichen Arbeitsleistung unserer Kulturpflanzen, Verlag von Paul Parey, Berlin 1907.

Wie wir gesehen haben, bauen die Pflanzen ihren Stoffbestand aus Kohlensäure, Wasser und anorganischen Salzen auf. Die Energie hierzu liefert ihnen das Sonnenlicht. Auch der tierische Organismus ist auf Energie angewiesen. Er schöpft aber diese aus dem Abbau und der Oxydation der organischen Verbindungen, welche von den Pflanzen hergestellt wurden. Die landwirtschaftlichen Nutztiere verbrauchen daher den größten Teil des Futters zu Betriebsleistungen der eigenen Organe (Atmung, Bewegung, Blutzirkulation usw.), und nur ein Teil desselben wird in Fleisch, Fett und Milch umgewandelt.

Wenn die Haustiere, Kalb, Kuh, Schwein, das Futter verzehren und es zu Fleisch, Fett und Milch verarbeiten, gruppieren sie stets die Bausteine bei einem Verlust an Energie und Stoff um. In den heutigen Betrieben für Fleisch-, Milch- und Fettproduktion — in den landwirtschaftlichen Ställen — ist der Wirkungsgrad der Produktion sehr niedrig. Das Tier[5]) als *biotechnologische Arbeitsmaschine* stattet von dem ihm in dem Futter zugemessenen Energiegehalt nur 10—20 % zurück, wovon wir uns sehr leicht vergewissern können, wenn wir nämlich den Kalorienwert berechnen, den eine Kuh mit dem Futter in einer bestimmten Zeit in sich aufgenommen hat, und hierauf jenen Kalorienwert feststellen, welcher der in derselben Zeit abgegebenen Milchmenge zukommt.

Eine 600 kg schwere Kuh verzehrt — wie längere Beobachtungen ergeben haben — innerhalb 24 Stunden 53 000 Kalorien und erzeugt davon 10 l Milch = 7200 Kalorien. Als biotechnologische Arbeitsmaschine besitzt diese Kuh demnach folgenden Wirkungsgrad:

$$\frac{7200 \text{ Kal} \times 100}{53\,000} = 13{,}6\ \%.$$

Nach *Pohls landwirtschaftlicher Betriebslehre* waren diese Wirkungsgrade vor 30 Jahren noch geringer; denn *damals wurde nicht eiweißreiches Kraftfutter verfüttert. Heute ist es bereits möglich, mit gut ausgewählten Futtermischungen zu erreichen, daß von dem gesamten Kaloriengehalt 25 % in die Milch übergehen.*

Bei den Bestrebungen, den Wirkungsgrad der Futterverwertung mit ausgewählten Futtermischungen zu verbessern, stellte sich in landwirtschaftlichen Großbetrieben heraus, daß die Tiere sich sehr schwach entwickelten, wenn sie solche Futtermittel erhielten, denen *vollständige Eiweißverbindungen und gewisse anorganische Salze fehlten.* Weiterhin hat man in Großstallungen ebenso wie in physiologischen Instituten festgestellt, daß die jungen, sich in Entwicklung befindenden Tiere zur Erhaltung des Lebens unbedingt gewisse *katalysatorähnliche Verbindungen* benötigen. Ferner haben Fütterungsversuche ergeben, daß zum normalen Gedeihen der Tiere die verfütterten Nährstoffe in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen müssen.

Will man daher in den Fleisch, Fett und Milch erzeugenden Großbetrieben, die Ergebnisse der experimentellen Physiologie und die Erfahrungen der Großstallungen verwertend, die Tiere richtig füttern, so muß man im Interesse der Mehrproduktion die oben erwähnten drei Bedingungen bei der Zusammenstellung der Futterrationen einhalten. In Nachfolgendem sollen in diesem Sinne einige Fütterungsbeispiele aus den drei genannten Produktionszweigen angeführt werden.

A. Fleischerzeugung.

Der tierische Organismus erzeugt das Fleisch in der Weise, daß er die Anzahl seiner Muskelzellen vermehrt. Das junge Tier vermehrt von dem Augenblicke an, da es zur Welt kommt, auf Kosten der Futtermittel die Zahl seiner Muskelzellen bis zu dem Zeitpunkte, da seine Röhrenknochen die größte Länge erreichen und das Wachstum ein Ende nimmt. Die Fleischbildung fällt bei den landwirtschaftlichen Nutztieren in diese Periode, und wenn das Wachstum beendet ist, entstehen keine neuen Muskelzellen, d. h. kein neues Fleisch. Wenn es dennoch vorkommt, daß während des Lebenslaufes, schon jenseits der Wachstumsperiode, die Muskelmasse sich vergrößert, dann hat sich entweder Fett zwischen den Zellen eingelagert, oder die einzelnen Muskelzellen haben sich infolge körperlicher Arbeit verstärkt.

Während der Fleischproduktion, d. h. während des Wachstums des Tieres, ist die Zusammensetzung des Futters in dem Falle entsprechend, wenn darin gemäß den obigen Bedingungen sämtliche Bausteine und Katalysatoren in richtigem Verhältnisse vorhanden sind, und das junge Tier über seine Betriebsbedürfnisse hinaus genügende Mengen Bausteine in entsprechender Qualität für die Weiterentwicklung seines Organismus enthält. Da der Stoff der Muskelzellen hauptsächlich *aus anorganischen Verbindungen und Aminosäuren besteht,* ist es nur natürlich, daß das junge, im Wachsen begriffene Tier an anorganischen Salzen und Eiweiß reichere Nahrung erhalten muß als ein schon völlig entwickeltes älteres Tier.

Die Eiweißstoffe in den verschiedenen Futterarten sind von verschiedener Zusammensetzung; es taucht somit die Frage mit Recht auf, welches Futter das für das junge Tier entsprechendste Eiweiß enthält. Laut *Osbornes* Analysen[6]) sind das aus Weizen und Roggen gewonnene Gliadin, das aus Gerste gewonnene Hordein und das im Mais vorkommende Zein nicht vollkommene Eiweißstoffe, denn sie enthalten nicht Lysin bzw. Tryptophan. Junge Tiere, die mit diesen unvollkommenen Eiweißarten genährt wurden, gingen, obgleich sie nebenbei Mischungen von Fett,

[5]) *Ereky,* Biotechnologie der Fleisch-, Fett- und Milcherzeugung im landw. Großbetriebe, Verlag Paul Parey, Berlin 1919.

[6]) *Th. Osborne* und *L. B. Mendel,* Aminoacids in nutrition and growth, Journ. of biol. Chemie *17,* 325 (1914).

Kohlehydraten und anorganischen Salzen in genügender Menge erhielten, stets ein, während andere, denen die fehlenden Eiweißarten zugeführt wurden, sich hübsch weiter entwickelten. In den eigentlichen Pflanzengeweben — ein solches ist z. B. Luzernenheu — ist das Eiweiß vollkommen, da es sämtliche Aminosäuren enthält. Wenn daher die jungen landwirtschaftlichen Nutztiere mit diesen Futterpflanzen gefüttert werden, bleiben sie im Wachstum nicht zurück.

Fehlen dem Futter die anorganischen Elemente, so entstehen in dem wachsenden Organismus pathologische Zustände, und er geht alsbald zugrunde. Wenn das junge Tier sie aber nur in solchem Maße erhält, daß es gerade seine Betriebsfunktionen damit verrichten kann, entsteht, bei sonst ordnungsgemäßer Zufuhr von anderen Bausteinen, pathologisches Wachstum. Wenn beispielsweise in dem Futter Calcium und Phosphor in geringen Mengen enthalten ist, entnimmt das junge Tier diese Stoffe, die es zum Wachsen benötigt, seinen Knochen, die aber dadurch geschwächt werden. In diesem Falle wird der Zustand des Tieres erst dann bedenklich, wenn die in den Knochen aufgestapelten Vorräte verbraucht sind. Jungen, im Wachstum begriffenen Tieren muß daher solches Futter dargereicht werden, das sämtliche organischen und anorganischen Bausteine in entsprechender Menge enthält.

Bezüglich der in der Nahrung enthaltenen unentbehrlichen Katalysatoren[7]) hat *Hopkins* als erster die Beobachtung gemacht, daß künstlich ernährte junge Ratten so lange nicht wachsen konnten, bis er ihnen in das Futter etwas Milch oder ein der Milch entzogenes Alkoholextrakt mischte. Da aber die jungen Ratten im allgemeinen nicht mit Milch aufgezogen werden, bereitete *Hopkins* aus anderen Stoffen ein Ätherextrakt und stellte fest, daß die Nahrung durch Beimischung selbst einer ganz geringen Menge Ätherextrakt geeignet wird, um das Wachstum der Ratten zu ermöglichen. *Hopkins* erklärt diese Erscheinung damit, daß die Einwirkung der katalysatorartigen Fettverbindungen auf das innere Drüsensystem das Wachtum fördert. Diese Hypothese hat *C. Funk*[8]) in seiner Vitamintheorie eingehend bearbeitet. Die Ansichten stimmen hinsichtlich dieser Hypothese noch nicht völlig überein, dennoch steht es fest, daß dem Ätherextrakt in den Lebenserscheinungen wachsender Organismen eine wichtige Rolle zukommt.

Stepp hat die künstliche Ernährung junger Tiere studiert und gefunden, daß das Wachstum dieser von dem Vorhandensein ungesättigter Fettsäuren in der Nahrung abhängt. *Baumann* und *Howard*[9]) haben nachgewiesen, welche Rolle den ungesättigten Fettsäuren bei der Zellenbildung zukommt. Beim Studium des Skorbut haben sie nämlich festgestellt, daß sich in den Exkrementen der Erkrankten eine größere Menge anorganischer Salze befand, und dies dauerte so lange, bis die Kranken Fruchtsäfte erhielten. Sowie der Kranke mit den Fruchtsäften die ungesättigten Fettsäuren zugeführt erhält, bilden diese mit den Ca-, K-, Na-, Mg- und Cl-Ionen Salze, die von der Darmwand leicht resorbiert werden.

Das Fütterungsproblem der jungen Tiere ist hiermit jedoch nicht erledigt. Die Erfahrung lehrt, daß auch die *Korrelation* der in dem Futter vorhandenen Bausteine auf das Wachstum Einfluß nimmt. *Mc. Collum* und seine Mitarbeiter haben drei Jahre lang eine Anzahl Kälber mit Weizen, andere mit Hafer genährt. Jene Kälber, die Hafer erhielten, entwickelten sich viel besser als die mit Weizen ernährten. Aus welchem Grunde wohl? Zerfallen doch die im Weizen und im Hafer vorkommenden Eiweiße, Kohlehydrate, Fette und anorganischen Salze nach der Verdauung zu völlig gleichen Verbindungen. Die Ursache der verschiedenen Wirkung kann daher auch in nichts anderem als darin liegen, daß die Korrelation der im Hafer vorkommenden Bausteine dem wachsenden Organismus des Kalbes besser entspricht als der im Weizen befindlichen Bausteine.

Die Zusammensetzung der verschiedenen Arten von Muttermilch läßt am besten erkennen, wie groß der Einfluß der Korrelation von Aminosäuren und anorganischen Salzen auf das Wachstum ist. Jene jungen Tiere, die rasch wachsen, während sie Muttermilch saugen, erhalten diese Milch von der Mutter in einer Zusammenstellung, die viel *Ansatzsalz und Eiweiß enthält*, während die Muttermilch der langsam wachsenden Tiere mehr Umsatzstoff enthält, also *Bausteine von C- und H-Gehalt* ohne Stickstoff. Laut *Aron*[10]) befindet sich, wie die folgende Tabelle zeigt, um

Tierart	Zahl der Tage bis zur Verdoppelung des Geburtsgewichtes	100 g Milch enthalten Kalorien	In 100 Teilen Milch sind in Prozent		
			Eiweiß	Ansatzsalz CaO, MgO P_2O_5	Umsatzsalz K_2ONa_2O Cl
Mensch....	180	70	1,2	0,08	0,11
Rind	47	65	3,3	0,46	0,31
Ziege.....	20	80	5,0	0,6	0,29
Schaf.....	12	105	5,6	0,6	0,30
Schwein ...	8	170	7,5	0,8	0,36
Hund.....	8	135	9,6	1,0	0,38
Kaninchen.	6	160	15,5	1,9	0,57

[7]) *F. Gowland Hopkins*, Feeding experiments illustrating the importance of accessory factors in normal dietaries, Journ. of Physiol. *44*, 425 (1912).

[8]) *Casimir Funk*, Die Vitamine, ihre Bedeutung für die Physiologie und Pathologie, Verlag Bergmann, Wiesbaden 1914.

[9]) *Baumann* and *Howard*, Arehives of internat. med. *9*, 665 (1912), zitiert b. *Abderhalden*, Lehrbuch der physiol. Chemie, 3. Auflage, 2. Bd., S. 1407 (1915).

[10]) *Aron*, Biochemie des Wachstums des Menschen und der höheren Tiere, Verlag G. Fischer, Jena 1913.

so mehr Eiweiß und Ansatzsalz in der Milch eines jungen Tieres, je kürzere Zeit dieses benötigt, um nach der Geburt sein Körpergewicht zu verdoppeln und umgekehrt.

Wenn irgendein junges, im Wachsen begriffenes Tier aus irgendeinem Grunde nicht zur Muttermilch gelangt, sondern die Milch eines fremden Tieres säugt, handelt man richtig, wenn man die Milch dieses fremden Tieres mit solchen Futterarten ergänzt, die eine ähnliche Zusammensetzung ergeben, wie sie die Milch der eigenen Mutter aufweist. Auf den intensiv betriebenen Herrschaftsgütern geschieht die Aufzucht der Kälber auf die Weise, daß die jungen Tiere vier Wochen säugen und hierauf nur Magermilch erhalten, der aber verzuckerte Stärke und ölhaltige Samen, z. B. Hanfkörner, beigemengt werden. Falls die verzuckerte Stärke Diarrhoe verursacht, wird der ganzen Mischung noch etwas eiweißreiches Roggenmehl beigemengt. Es wird also, kurz gesagt, die Korrelation der Bausteine geregelt.

B. Fetterzeugung.

In dem Organismus des jungen Tieres bildet sich ständig Fett. Wenn das Tier seinen embryonalen Zustand beendet und selbst seine Körperwärme zu regeln beginnt, stapelt es binnen kurzer Zeit unter der Haut große Mengen Fett auf.

Die eigentliche Verfettung des Tieres nimmt jedoch erst dann größeren Umfang an, wenn es das Geschlechtsleben größtenteils hinter sich hat und zu altern beginnt. Da der Organismus in diesem Stadium hauptsächlich Umsatzmaterial benötigt, darf dem alten Tiere während der Mästung an Eiweiß und anorganischen Salzen weniger reiches Futter dargereicht werden. Wenn die für die Befriedigung der Betriebsbedürfnisse des Lebens unentbehrlichen Aminosäuren und anorganischen Bausteine in dem Futter des Masttieres fehlen, entnimmt es den Ersatz dafür seinem eigenen Körper, und solange die Vorräte sich nicht erschöpfen, macht sich irgendein ernsteres Übel nicht bemerkbar. Wenn die Mästung jedoch längere Zeit beansprucht, kann infolge des mangelhaften Futters das Knochen- und Muskelsystem so sehr geschwächt werden, daß das Masttier sein eigenes Gewicht nicht mehr zu tragen imstande ist und ihm z. B. die Schenkelknochen entzweibrechen.

Die landwirtschaftlichen Nutztiere pflegen während der Mastperiode mit Gerste, Mais und Kartoffeln (unvollständige Futtermittel) gefüttert zu werden und erhalten vollständige Futtermittel recht selten. Es ist daher ganz natürlich, daß die Tiere die für die Lebensfunktionen unentbehrlichen Aminosäuren ihren eigenen Organen entziehen müssen und dadurch immer schwächer werden. Von noch auffallenderer Wirkung ist der Mangel an anorganischen Bausteinen. Auch die praktischen Landwirte haben schon die Entdeckung gemacht, daß bei der Verfütterung von Pflanzenreservegeweben das Knochensystem der Masttiere schwach wird. Wenn z. B. die Mastschweine nur Mais und Gerstenschrot erhalten, können sie von diesem Futter nicht so viel verzehren, um ihren Kalkbedarf, der pro 100 kg Lebendgewicht und pro Tag 7 g beträgt, völlig zu decken. Das Schwein verzehrt täglich eine Futtermenge, die durchschnittlich 3 % seines Körpergewichtes entspricht; ein 100 kg schweres Schwein kann also täglich 3 kg Gersten- und Maisschrot verzehren, welches Quantum jedoch einen Gesamtinhalt an Kalk von nur 0,7 g aufweist, also gerade ein Zehntel des benötigten Quantums. Dies ist der Grund dafür, daß den Schweinen besonders Kalk zugeführt werden muß; geschieht das nicht, so kommen infolge schwacher Knochen zahlreiche Knochenbrüche vor. Wenn nämlich das Futter nicht genügend Calcium enthält, nimmt sich das Schwein bis zu einem gewissen Maße den Kalk aus seinem Knochensystem, und wenn auch diese Reserve nichts mehr hergeben kann, müssen die übrigen Organe herhalten, und das Schwein verliert auch seine Widerstandskraft gegen Infektionskrankheiten.

Was die Katalysatoren anbetrifft, so sind alte Masttiere auf diese nicht angewiesen, oder wenigstens nicht in dem Maße, daß sie sie nicht auch mit dem primitivsten natürlichen Futter erhalten könnten. Bezüglich der Korrelation der Bausteine gibt es dagegen gewisse Gesetzmäßigkeiten, die man sich stets vor Augen halten muß. Die Futtermittel müssen so gemischt werden, daß sich in ihnen anorganische Säuren und Basen das Gleichgewicht halten. Dieser diätetische Grundsatz hat sich an Schweinen gut bewährt, wie aus folgendem Beispiel hervorgeht:

Die im Mais und in der Gerste vorhandenen anorganischen Ionen verursachen in dem Verdauungstrakte Säurereaktionen. Laut *Berg*[11]) beträgt der Säureüberschuß für 500 g im Mais 5,37 Milligrammäquivalenten, in der Gerste 10,58 Milligrammäquivalenten.

Wenn also das Schwein nur Mais und Gerste erhält, so gibt sein Körper Ammoniak ab, um diesen Säureüberschuß zu neutralisieren. Da nach Berechnungen die anorganischen Ionen der Kartoffel, des Klees und der Rübe im Gegensatz zu den Ionen des Maises und der Gerste Basenreaktionen in dem Verdauungstrakte des Schweines verursachen, so muß man die Futtermittel so vermischen, daß die anorganischen Ionen keine Basen- und auch keine Säurereaktionen hervorrufen können. Die Versuche und auch die Futterrezepte der praktischen Landwirte geben diesem diätetischen Grundsatze im übrigen vollkommen recht, denn als Gegengewicht für die aufreizende Säurewirkung des Körnerfutters werden in der Landwirtschaft dem Schweine stets basisch wirkende Rüben, Kartoffeln und Klee dargereicht.

[11]) *R. Berg*, Die Nahrungs- und Genußmittel, Verlag von Holze & Pahl, Dresden 1913.

C. Milcherzeugung.

An die Futtermenge und den Bausteinreichtum stellt das Nutztier während der *Milchproduktion* die größten Ansprüche, denn in der Milch muß eine solche Nahrung hergestellt werden, die sämtliche unentbehrlichen Bausteine enthält. Die landwirtschaftlichen Betriebe rechnen mit diesem Umstande in der Weise, daß sie den Muttertieren eiweißreiche Nahrung vorsetzen, wodurch die Tiere sicher alle Bausteine erhalten. Auch ist bei der Fütterung der Muttertiere von Bedeutung, daß die Bausteine in richtiger Korrelation in der Mischung vorhanden sind. Dies bildet jedoch bei weitem nicht eine so heikle Frage wie bei der Fütterung der jungen Tiere, wo auch noch mit dem Umstande gerechnet werden muß, daß der Verdauungstrakt des jungen Organismus mit Abwehrvorrichtungen nicht versehen ist.

Der Kuh müssen in dem Futtereiweiß unbedingt sämtliche unentbehrlichen Aminosäuren und anorganischen Salze dargereicht werden, weil sonst die Milcherzeugung ins Stocken gerät. Die Erfahrung hat gelehrt, daß die Kuh um so mehr Milch liefert, je reicher an Eiweiß das ihr vorgesetzte Futter ist, und es ist von besonderer Wichtigkeit, daß sie vollständige Eiweißarten aus solchen eigentlichen Pflanzengeweben erhält, worin sich Tryptophan, Tyrosin, Lysin und alle anderen unentbehrlichen Aminosäuren vorfinden. Diesem Zwecke entsprechen die grünen Futterarten am besten (Klee, Luzerne und Wiesenheu). Diese führen dem tierischen Organismus sämtliche Aminosäuren zu, die als Bausteine in die Milch übergehen.

In der Luzerne, im Klee und Wiesenheu sind zugleich die zur Milchproduktion nötigen anorganischen Bausteine enthalten. Ein zahlenmäßiges Beispiel wird dartun, welche Mengen anorganischer Stoffe die Kuh mit dem Futter täglich zu sich nehmen muß, damit ihre Milchabgabe 30 l ausmache[12]).

Der Salzgehalt beträgt:

	in 30 kg Kuhmilch	in 30 kg Luzerneheu	in 10 kg Mais
	g	g	g
K_2O	51,00	450	37
Na_2O	1,50	33	1
CaO	60,00	750	3
MgO	6,00	93	20
Fe_2O_3	0,30	20	—
P_2O_5	72,00	195	57
Cl	30,00	75	2
H_2SO_4	3,00	108	1

Wie man aus dieser Tabelle ersieht, ist vom Standpunkte der anorganischen Salze die Verfütterung von Luzernenheu an die Milchkühe entsprechender als von Mais.

Zur Herstellung des Fettgehaltes der Milch ist die Kuh auf C- und H-hältige Verbindungen angewiesen, und ebenso wie die Masttiere erzeugen auch die Kühe das Fett für ihre Milch vornehmlich aus Kohlehydraten. Bezüglich der Katalysatoren steht die Sache so, daß die Kuh als entwickeltes Tier die zu den Betriebsfunktionen nötigen Reizstoffe in den einfachsten Futterarten bekommt, und man kann ihrem Organismus auch die auf die Milcherzeugung einwirkenden Amine mit gewissen Futterarten zuführen. Solche Futterarten sind die rohe Runkelrübe, reine, erdfreie Rübenblätter und Erdnuß-, Raps- und Sesamkuchen.

Aus den angeführten Beispielen geht hervor, eine wie große Rolle die Zusammenstellung der Futtermischungen bei der Fleisch-, Fett- und Milcherzeugung spielt, und es folgt daraus gleichzeitig, daß die spezifischen Wirkungen der einzelnen Nährstoffe nicht vernachlässigt werden dürfen. Wenn man bedenkt, daß vor 20 bis 30 Jahren die Milchleistung der Kühe aus 100 kg Trockenfuttermitteln nur 50 l betrug, heute dagegen bei Anwendung von Kraftfuttermitteln auf 100—120 l gestiegen ist, wenn man weiter in Betracht zieht, daß die Lebendgewichtvermehrung von Mastschweinen bei 100 kg verfütterter Trockensubstanz von 20 auf 30 kg gehoben wurde, so muß man einsehen, daß die Erforschung der Ernährungsgesetze die Leistungsfähigkeit und den Wirkungsgrad der landwirtschaftlichen Nutztiere in einem ähnlichen Maße erhöht, wie die künstliche Düngung und Bewässerung des Ackerbodens die Ernteerträgnisse vergrößert.

[12]) Landw. Kalender von *Mentzel-Lengerke*, 1917, I. Teil.

Die Entwicklung unseres Planetensystems.

Von Fr. Nölke, Bremen.

Die Frage nach der Entwicklung unseres Planetensystems gilt manchen Astronomen wegen ihres rein spekulativen Charakters nicht als wissenschaftlich astronomische Frage. Daß es sehr wohl möglich sei, kosmogonische Fragen wissenschaftlich zu behandeln, wird jedoch durch die Untersuchungen *G. H. Darwins* über die Entwicklung des Erdmondes und diejenigen *R. Emdens* über Gaskugeln und kosmische Staubmassen bewiesen. *Darwin* und *Emden* behandeln zwar nur ganz spezielle Probleme; aber auch mit der wissenschaftlichen Bearbeitung des allgemeinen Problems hat kein Geringerer als *H. Poincaré* den Anfang gemacht. Leider bringen seine Untersuchungen[1]) keine kritische Sichtung der bisher aufgestellten Hypothesen, sondern im großen und ganzen nur eine wissenschaftliche Einkleidung derselben. Alle diese Hypothesen gehen von einem besonderen, postulierten Anfangszustande des Systems aus und versuchen aus ihm die gegenwärtigen Verhältnisse herzuleiten. Statt des angegebenen deduktiven hat der Verfasser in einer kürzlich erschienenen kritischen

[1]) Leçons sur les hypothèses cosmogoniques. Paris 1911.

Studie[1]) den bei naturwissenschaftlichen Problemen allein zulässigen induktiven Weg gewählt, indem er die Frage zu beantworten suchte: „Welche Eigenschaften mußte der frühere Zustand des Systems zeigen, damit sich aus ihm die bei den einzelnen Gliedern des Systems anzutreffenden Gesetzmäßigkeiten und Eigentümlichkeiten entwickeln konnten?“ Diese Art der Fragestellung führt in den meisten Fällen zu einer fast eindeutigen Antwort und dadurch zu einer befriedigenden Lösung des Problems. Der vorliegende Aufsatz bringt einen kurzen Auszug aus dem Buche.

1. Die Urmaterie.

Nach den besonderen Voraussetzungen über die physische Konstitution des Anfangszustandes des Systems kann man alle Erklärungen in zwei Gruppen einteilen. Die eine Gruppe setzt eine Ansammlung diskreter fester Körperchen voraus, die sich entsprechend den Gesetzen ihrer gegenseitigen Anziehung frei bewegen und nur von Zeit zu Zeit Zusammenstöße erleiden (*Meteoritenhypothese*)[2]). Die andere legt der Urmaterie gasige Beschaffenheit bei, die es mit sich bringt, daß die einzelnen Gasteilchen nicht frei beweglich sind, sondern außer den Gesetzen ihrer gegenseitigen Anziehung auch mehr oder weniger den Gesetzen der Gasexpansion unterliegen (*Nebularhypothese*)[3]).

Eine ganze Reihe von Argumenten mechanischen und physikalischen Charakters, die an dieser Stelle anzuführen der Raummangel leider verbietet, schließt die Meteoritenhypothese von der Möglichkeit aus, einer Erklärung der Entwicklung unseres Systems als Grundlage zu dienen (Problem § 88). Es bleibt daher nur die Nebularhypothese als allgemeinste Erklärungsgrundlage übrig. In der Laplaceschen Form, nach welcher die Planeten durch Abschleuderung von einer gewaltigen, ursprünglich den ganzen Raum des Systems ausfüllenden rotierenden Gasmasse entstanden sind, erweist sie sich aber ebenfalls als unzulänglich (Problem §§ 75—78), so daß angenommen werden muß, daß die Planetenmassen schon von Anfang an neben der Sonne als selbständige Massen existierten, daß der Urnebel also, wie die im Weltraum anzutreffenden unregelmäßigen Gasnebel, der Symmetrie entbehrte. Bestanden Sonne und Planeten gleich anfangs als getrennte Massen, so war ihre Bewegung aber auch von Anfang an bereits durch die zwischen getrennten Massen wirkenden Kräfte der allgemeinen Anziehung geregelt. Da diese dieselben sind wie die gegenwärtig wirkenden Kräfte, und letztere, nach den Untersuchungen über die Stabilität unseres Systems, zwar nicht befürchten lassen, daß sie die Gesetzmäßigkeiten des Systems zu zerstören imstande wären, andererseits aber auch nicht geeignet sind, dieselben hervorzurufen, so scheint die Notwendigkeit vorzuliegen, die ganze Gesetzmäßigkeit des Systems bereits auf den Urzustand zu übertragen. Das aber würde den Verzicht auf jede Erklärung bedeuten. In der Tat würde, da die Meteoritenhypothese nicht zum Ziele führt und auch die Nebularhypothese in der Laplaceschen Form zurückzuweisen ist, nichts anderes übrig bleiben, als sich zu bescheiden und die Unmöglichkeit einer wissenschaftlichen Erklärung, die weiter führte als die biblische, einzuräumen. Glücklicherweise führt aber eine erst in neuester Zeit von *J. Kapteyn* und *W. W. Campbell* gemachte astronomische Entdeckung aus dem Dilemma heraus und gibt eine Richtlinie für den Weg, auf welchem eine befriedigende Erklärung gefunden werden kann.

Kapteyn und *Campbell* haben festgestellt, daß die Radialgeschwindigkeiten der Sterne verschiedener Spektraltypen von ihrem Spektralcharakter abhängen, daß sich die Sterne des frühesten Typus am langsamsten, die weiter fortgeschrittenen schneller bewegen, während die eigentlichen unregelmäßigen Gasnebel im Raume ruhen. Ihre zur Erklärung dieser Tatsache herangezogene Hypothese lautet, daß die Sternmaterie anfangs der Gravitation nicht oder nur wenig unterworfen sei, daß die Sterne erst im Laufe ihrer Entwicklung, bei fortschreitender Verdichtung, allmählich von der Gravitation erfaßt werden. *Campbell* gibt den der Gravitation entgegenwirkenden Strahlungsdruck als mögliche Ursache einer Gravitationsvergrößerung bei der Nebel- und Sternmaterie an. Auch elektrische Kräfte spielen in den Nebeln vielleicht eine bedeutende Rolle. *Birkeland* glaubt schließen zu können, daß in den in Entwicklung befindlichen Sonnensystemen die elektromagnetischen Kräfte von derselben Größenordnung seien wie die Gravitation. Daß Strahlungsdruck oder abstoßende elektrische Kräfte bedeutende Beträge erreichen, ja die Anziehung sogar um ein Vielfaches übertreffen können, zeigen die bei den Kometenschweifen und den Strahlen der Sonnenkorona beobachteten Erscheinungen.

Eine ganz überraschende Bestätigung der Annahme, daß dem Strahlungsdruck als kosmischem Entwicklungsfaktor eine große Bedeutung zukomme, liefern neuere Untersuchungen von *A. S. Eddington*, in denen er unter Beachtung des Energiestromes, der aus dem Innern der Sterne als Strahlung den freien Raum zu gewinnen sucht, den Gleichgewichtszustand gasför-

---

[1]) Das Problem der Entwicklung unseres Planetensystems; 2. Aufl., Julius Springer, Berlin 1919.

[2]) Annahme von *Kant, Faye, Chamberlin-Moulton, Ligondès, Lowell, Zehnder, Hörbiger-Fauth.* Nach einigen dieser Autoren, die einen Kreislauf des kosmischen Geschehens annehmen, schließt sich das Meteoritenstadium einem noch älteren, und zwar einem Sternstadium an, und resultiert aus den gewaltigen Umwälzungen, die eine beträchtliche Annäherung oder der Zusammenstoß zweier Sterne zur Folge hat.

[3]) Annahme von *Laplace, Birkeland, Belot.* Die Hypothesen von *See* und *Arrhenius* nehmen eine mittlere Stellung ein.

miger Sterne bestimmt[1]). Er kommt zu dem Ergebnis, daß in Sternen von der Größenordnung der Sonne der Strahlungsdruck der Gravitation kräftig entgegenwirkt und die Expansion der Gase unterstützt. Wenn aber schon in sternartig dichten Weltkörpern der Strahlungsdruck die Gravitation zum Teil aufhebt, so ist zweifellos die Annahme gestattet, daß er auch in den leicht durchstrahlbaren kosmischen Nebeln die Gravitation merklich schwächt (Problem §§ 113 bis 119).

Der Wert der Hypothese der Gravitationsvergrößerung, die nach *Campbells* Meinung für unsere Einsicht in den Bau und die Entwicklung der Fixsternwelt einstmals sehr wertvoll sein wird, erweist sich nun auch dadurch, daß sie für die Erklärung der Entwicklung unseres Planetensystems die einzig mögliche Grundlage gibt.

2. Die Sonne und die Planeten.

Nehmen wir gemäß der Hypothese der Gravitationsvergrößerung an, daß der Urnebel unseres Systems anfangs der inneren Gravitation seiner Massen nur in geringem Grade unterlag, so können wir ihm eine sehr weite, die Dimensionen der Neptunsbahn um ein Vielfaches übertreffende Erstreckung geben. Damit erreichen wir bereits den Vorteil, den Urnebel seiner Größe nach mit anderen beobachteten Nebeln in Vergleichung bringen zu können, was bei einem bis zur gegenwärtigen Neptunsbahn sich erstreckenden Gasnebel nicht möglich wäre, da ein solcher Nebel schon in einer Siriusweite nur noch einen Durchmesser von 10″ besitzen würde. Die erste Wirkung der allmählich erstarkenden Gravitation ist die Kontraktion des Nebels. Gleichzeitig mit der Annäherung der kleineren Nebelteilmassen, der späteren Planeten, an die aus dem Hauptteile des Nebels sich bildende Sonne tritt eine Verringerung der Bahnexzentrizitäten ein, gemäß der Gleichung (Problem § 124)

$$\delta e = -(e + \cos v)\frac{\delta M}{M}.$$

Ist die ursprüngliche Exzentrizität beträchtlich und soll sie sich merklich verkleinern, so hat man anzunehmen, daß dies der Hauptsache nach während der Zeit der ersten Annäherung an das Perihel geschieht und daß gleichzeitig mit derselben eine bedeutende Verringerung der Bahndimensionen erfolgt, der Planet also eigentlich eine spiralige Bahn durchläuft, die man, um die obige Gleichung anwenden zu können, in jedem Punkte durch eine oskulierende Bahnellipse zu ersetzen hat. Die Form zahlreicher Spiralnebel läßt den Schluß zu, daß sich die entfernteren Massen dem Anziehungszentrum tatsächlich in Spiralwindungen nähern und dabei ihre augenblicklichen Kegelschnittsbahnen einem Kreise mehr und mehr anpassen.

Die geringen gegenseitigen Bahnneigungen lassen keine andere Erklärung zu, als daß sie von Anfang an bestanden haben. Dieses Postulat kann, wieder im Hinblick auf die Gestalt vieler beobachteter Spiralnebel, bei denen sich die Massen dicht um eine Symmetrieebene gruppieren, ebenfalls nicht auffallen. Wahrscheinlich besaß der Urnebel unseres Systems die Form eines eben gekrümmten, zylinderförmigen Streifens nach Art des Spiralnebels H. I. 55 Pegasi, dessen Hauptmasse sich längs der Zylinderachse zu der Sonne zusammenschob, während sich die weiter entfernten Teile des Streifens allmählich voneinander lösten und zu selbständigen Massen weiterentwickelten. In diesem Falle würde nicht nur die übereinstimmende Umlaufsrichtung der Planeten und die geringe gegenseitige Neigung ihrer Bahnen, sondern auch die langsame Rotationsbewegung der Sonne ihre Erklärung finden. Wenn die Strömungsgeschwindigkeit der Teilchen am äußeren Rande des Streifens die der inneren etwas übertraf, so ergibt sich außerdem die mit ihrer Umlaufsrichtung und der Rotationsrichtung der Sonne übereinstimmende Rotationsrichtung der meisten Planeten, und wenn man die weitere Annahme macht, daß der Streifen in seinen entferntesten Teilen, aus denen die Planeten Uranus und Neptun entstanden, die größere Strömungsgeschwindigkeit nicht am äußeren Rande, sondern seitlich davon aufwies, daß die Linien größter linearer Geschwindigkeit im Streifen also doppelt gekrümmt waren oder der Streifen in seinen Strömungslinien wie ein tordierter Faden erschien, so erklärt sich auch die von Jupiter über Saturn nach Uranus und Neptun hin allmählich sich steigernde Neigung der Rotationsachsen. Die Massenunterschiede der Planeten sind auf ursprünglich ungleichmäßige Verteilung der Nebelmassen im Streifen zurückzuführen (Problem §§ 121—130).

Die dargestellte Hypothese der Entwicklung unseres Planetensystems, bei deren weiterer Verfolgung man noch auf manche Beziehungen auch rechnerischer Art stößt, die sie zu stützen geeignet sind, dürfte, da die Erörterung der verschiedenen Entwicklungsmöglichkeiten, was in unserer kurzen Übersicht allerdings nicht zum Ausdruck kommen konnte, auf sie als die einzig mögliche hindrängte, in ihren Hauptzügen das Richtige treffen. Sie erlaubt, die Entwicklung unseres Systems aus einem Anfangszustande, in welchem die gegenwärtig vorliegenden Gesetzmäßigkeiten des Systems zwar schon keimartig, aber noch nicht fertig ausgebildet, vorhanden waren, zu überschauen.

3. Die Monde.

Die Mehrzahl der Monde bewegt sich in fast kreisförmigen Bahnen, die gegen die Äquatorebene des Planeten nur wenig geneigt sind, in derselben Richtung, in welcher der Planet rotiert. Nur wenige Monde haben stark geneigte und stark exzentrische Bahnen oder sind rückläufig.

[1]) Naturwissenschaften, Jahrgang 1919, Heft 5 u. 6.

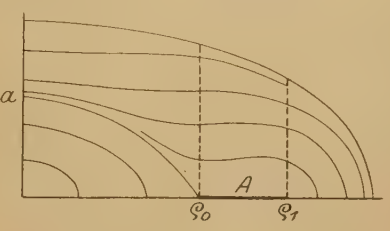
Die Monde der ersten Art bezeichnen wir als reguläre, die der zweiten Art als irreguläre.

Bei der Erörterung der Entwicklungsmöglichkeiten der Monde sind ähnlich, wie bei den auf Grund der Nebularhypothese erörterten Entwicklungsmöglichkeiten der Planeten, zwei Fälle zu unterscheiden. Entweder waren die Monde von Anfang an selbständige Massen neben den Planeten, zu denen sie jetzt gehören (Annahme von *Kant, Moulton, See, Hörbiger-Fauth*), oder sie sind aus den Planetenmassen hervorgegangen (Annahme von *Laplace*). Es läßt sich zeigen, daß die erste Annahme, wenigstens soweit die regulären Monde in Frage kommen, einer kritischen Prüfung nicht standhält (Problem §§ 65 bis 69, 91). Es bleibt daher nur die zweite Möglichkeit, daß sie aus den Planetenmassen hervorgegangen sind. In der Tat ergeben sich aus der Laplaceschen Annahme die drei Haupteigenschaften der regulären Monde auf die einfachste und natürlichste Weise. Um ihr allgemeine Anerkennung zu verschaffen, ist jedoch eine Schwierigkeit aus dem Wege zu räumen, auf die Kritiker der Laplaceschen Hypothese bereits mehrfach hingewiesen haben. Wenn über dem Äquator des Planeten an den Grenzen der Atmosphäre Gleichgewicht zwischen der Schwere und der Zentrifugalkraft herrscht, ist zu erwarten, daß bei der allmählich erfolgenden Kontraktion des Planeten die Mondmassen nicht in größeren Zeitabständen, sondern ununterbrochen zur Ablösung gelangen. Dann aber würden sich nicht einzelne größere, durch weite Zwischenräume getrennte, sondern eine große Anzahl sehr kleiner, dicht benachbarter Monde bilden, d. h. die Planeten müßten mit einem System von Ringen, ähnlich wie Saturn, umgeben sein. Daß einzelne größere Massen der Ringe den Hauptteil der Ringmassen allmählich mit sich vereinigen und dadurch die Ringe zum Verschwinden bringen könnten, wie vielfach angenommen wird, ist mechanisch unmöglich (Problem § 90).

Um einen Einblick in den Entwicklungsgang der Monde zu gewinnen, ist es erforderlich, die Änderungen zu verfolgen, welche in der Planetenatmosphäre von dem Augenblicke an vor sich gehen, wo an ihrer Grenze über dem Äquator Gleichgewicht zwischen der Schwere und der Zentrifugalkraft eintritt. Die bei gleichmäßiger Rotationsbewegung die Atmosphäre in diesem Augenblicke begrenzende Niveaufläche soll als kritische Niveaufläche bezeichnet werden. Steigert sich die Rotationsgeschwindigkeit des Planeten, so entspricht dem neuen Werte eine andere kleinere kritische Niveaufläche. In den meisten Darstellungen der Laplaceschen Hypothese wird nun angenommen, daß die gesamte zwischen den beiden kritischen Niveauflächen liegende Atmosphärenschicht nach dem Äquator abfließe und hier zur Loslösung gelange. Diese Annahme läßt außer acht, daß die Atmosphäre aus Gasen besteht, die nur zum kleinsten Teile ohne weiteres kondensierbar sind. Die atmosphärischen Massen, die sich in der Äquatorebene jenseits der kritischen Niveaufläche befinden, werden daher größtenteils gasförmig bleiben und ihren Zusammenhang mit den tieferen Atmosphärenschichten nicht aufgeben. Die in höheren Breiten jenseits der kritischen Niveaufläche befindlichen Massen könnten ferner nur dann nach dem Äquator abfließen, wenn sie an jedem Orte die diesem Orte entsprechende Rotationsgeschwindigkeit besäßen und bei ihrer Verschiebung nach dem Äquator überall freien Raum vorfänden. Beide Bedingungen sind nicht erfüllt, die erste nicht, weil bei der geringen inneren Reibung der Gase die abfließenden Massen sehr lange Zeit brauchen würden, um aus den tieferen Schichten ein größeres Rotationsmoment aufzunehmen, und die zweite nicht, weil die dem Äquator benachbarten Gebiete, denen die Massen zustreben, nicht von Materie frei sind.

Aus diesen Überlegungen ergibt sich folgendes wichtige Resultat: „Ist die Rotationsgeschwindigkeit des Planeten so groß geworden, daß über dem Äquator an den Grenzen der Atmosphäre die Zentrifugalkraft der Schwere das Gleichgewicht hält, und erfolgt eine weitere Rotationsbeschleunigung, ohne daß sich die Oberflächentemperatur des Planeten und daher auch die Höhe der Atmosphäre merklich verringert, so fängt die Atmosphäre an, *ungleichförmig* zu rotieren. Die den Planetenkern umgebende untere Atmosphärenschicht wird mit ihm ungefähr gleichförmig rotieren. Die höheren Atmosphärenschichten aber rotieren langsamer als der Planet, und in der Äquatorebene beschreiben die Teilchen innerhalb einer Ringzone A, die sich von der den gleichförmig rotierenden Teil der Planetenatmosphäre begrenzenden kritischen Niveaufläche bis in die Nähe der freien Atmosphärenoberfläche erstreckt, freie Kreisbahnen."

Wenn man die Bewegungsvorgänge im Innern der Atmosphäre unter gewissen vereinfachenden Voraussetzungen analytisch verfolgt, so ergibt sich z. B. in dem Falle, wo die Atmosphäre die Form eines abgeplatteten Rotationsellipsoids mit dem Achsenverhältnis 1 : 2 besitzt und ihr ein dem adiabatischen ähnliches Temperaturgleichgewicht zugeschrieben wird, die in der Figur im Meridianschnitt dargestellte



Gestalt ihrer Niveauflächen. $a\varrho_0$ bezeichnet die kritische Niveaufläche, innerhalb deren die atmosphärischen Massen ungefähr gleichförmig rotieren. Jenseits derselben ist die Rotation un-

gleichförmig, und in der von ϱ_0 bis ϱ_1 reichenden Zone A beschreiben die Teilchen freie Kreisbahnen.

Die Zone A ist die Geburtsstätte der Monde. Hier können sich durch Kondensation flüssige oder feste Kerne bilden, die, weil die umgebenden atmosphärischen Massen wie sie freie Kreisbahnen beschreiben, in ihrer Bewegung nicht oder nur wenig gehindert werden. An diese kristallisieren immer neue Massen an, bis sie schließlich zu der Größe der Monde angewachsen sind. Die ursprüngliche Anzahl der Kondensationskerne in der Zone A kann sehr beträchtlich sein. Da die Bahnen der kleinen Körperchen durch die größeren Massen kräftig gestört werden und daher nicht kreisförmig bleiben, so erleiden diese Körperchen in der Atmosphäre jedoch einen verhältnismäßig großen Widerstand, der sie allmählich einem der benachbarten Monde zutreibt, so daß sie im allgemeinen ihre Selbständigkeit einbüßen, und nur die größeren Massen übrig bleiben.

Kühlt sich in einem späteren Entwicklungsstadium die Oberfläche des Planeten merklich ab, so sinkt die Atmosphäre in sich zusammen und läßt einen Mond nach dem andern frei. Die letzten übrig gebliebenen Mondkörperchen werden, weil sie in den jenseits der Zone A liegenden Gebieten, deren Massen nicht mehr freie Kreisbahnen beschreiben, einen kräftigen Widerstand erfahren, von der sich zurückziehenden Atmosphäre mitgenommen und fallen endlich auf den Planeten. Tritt jedoch eine verhältnismäßig schnelle Verkleinerung der Atmosphärenhöhe ein, so ist es möglich, daß diese Körperchen den nur kurze Zeit wirkenden Widerstand überdauern und ihre Selbständigkeit bewahren. Auf diese Weise läßt sich die Entstehung der Saturnringe erklären.

Die von den Planeten weit entfernten, in stark geneigten und deutlich elliptischen Bahnen laufenden irregulären Jupiter- und Saturnmonde sind entweder kleine planetarische Kondensationskerne, die sich schon im Nebelstadium in der Nähe der größeren Planeten befanden und von ihnen festgehalten wurden, oder, wie z. B. die Jupitermonde VIII und IX, kleine Planetoiden, die in die Nähe des Planeten kamen, von ihm eingefangen wurden und sich ihm möglicherweise auch wieder entziehen können (Problem §§ 136—154).

4. Die Kometen und die Sternschnuppen.

Die großen Gegensätze, die zwischen den Kometen- und den Planetenbahnen in bezug auf ihre Gestalt und ihre Lage im Raume bestehen, nicht minder auch die Unterschiede, welche die physische Natur der Kometen und der Planeten und Monde aufweist, deuten darauf hin, daß die Kometen in unserem Systeme eine Ausnahmestellung einnehmen, und daß ihre Entwicklung mit derjenigen der Planeten und Monde nicht in Parallele gebracht werden kann. Beachtet man ferner, daß eine Anzahl von Kometen mit verhältnismäßig kleiner Umlaufszeit bei ihrer Rückkehr nicht wieder aufgefunden werden konnte und eine Reihe anderer bei ihrer Wiederkehr mit vermindertem Glanze erschien, so ergibt sich der weitere Schluß, daß die Kometen nur eine beschränkte Lebensdauer besitzen, und daß die jetzt noch sichtbaren daher ziemlich junge Glieder des Systems sind. Diese letzte Tatsache würde durch die Laplacesche Annahme, daß die Kometen aus den Tiefen des Weltraumes in unser System eindringen, eine einfache Erklärung finden; doch haben neuere Untersuchungen *Strömgrens* und anderer Astronomen gezeigt, daß sämtliche Kometenbahnen, bei denen die Beobachtung eine genaue Bestimmung der Bahnelemente zuließ, bei Berücksichtigung aller planetarischen Störungen vor und nach dem Periheldurchgange ursprünglich Ellipsen sind, daß die der Sonne sich nähernden Kometen also zu unserem System gehören. Dafür, daß bei der Annäherung aus dem Weltraum kommender Kometen durch die Einwirkung eines widerstehenden Mittels die hyperbolische Exzentrizität in eine elliptische verwandelt würde, liegen keine Anzeichen vor. Die Lage und die Form der Bahnen läßt die weitere Annahme, daß die Kometen Produkte der Sonne oder der Planeten seien, ebenfalls nicht zu. Die Annahme endlich, daß die Kometen ebenso, wie sie sich in Sternschnuppenschwärme auflösen, aus ihnen auch neu sich bilden können, ist, ganz abgesehen davon, daß sie mechanische Schwierigkeiten bietet, wenig befriedigend, da die Frage nach dem Ursprunge der Sternschnuppen nicht minder der Lösung harrt wie die nach dem Ursprunge der Kometen.

Woher stammen dann aber die Kometen? Wenn es so gut wie gewiß ist, daß sie nicht ursprüngliche Bestandteile unseres Systems, jetzt aber Mitglieder desselben sind und gegenwärtig keine Ursachen angegeben werden können, die ein Festhalten dem System ursprünglich fremder Körper bewirken könnten, so bleibt kaum etwas anderes übrig, als anzunehmen, daß in früheren Zeiten solche Ursachen wirksam gewesen sind. Es liegt nahe, dabei an ein widerstehendes Mittel zu denken, das die Sonne auf ihrer Bahn durch den Weltenraum durchschritten habe, durch dessen Einwirkung die hyperbolischen Bahnen der in das System eindringenden Kometen in elliptische verwandelt wurden. Das Sonnensystem kann z. B. einen der zahlreichen kosmischen Nebel durchschritten und örtliche Kondensationen der Nebelmaterie als Kometen sich angegliedert haben. Der Verfasser hat diese Hypothese in ihren Einzelheiten erörtert (Problem §§ 155—165) und gelangt dabei zu Ergebnissen, die mit den Beobachtungstatsachen sehr wohl im Einklang stehen. Die auffällige Tatsache, daß die elliptischen Bahnen der meisten Kometen der Parabel sehr nahe liegen, erklärt sich durch die Annahme, daß die kurzperiodischen Kometen,

weil sie infolge ihrer häufigen Wiederkehr zur Sonne den zerstörenden Kräften, die in der Sonne und ihrer Umgebung ihren Sitz haben, mehr ausgesetzt waren als die langperiodischen Kometen, größtenteils der Auflösung verfallen sind. Diese Annahme findet dadurch, daß die Erdbahn die Bahnen zahlreicher Sternschnuppenschwärme schneidet, ihre Bestätigung. Als durchschrittener Nebel käme, wenn nicht der Orionnebel selbst, der ziemlich genau im Antiapex der Sonnenbewegung liegt und von dem sich die Sonne mit einer Geschwindigkeit von 18 km/sec entfernt, so doch vielleicht die feine diffuse Nebelmasse in Frage, die mit dem Orionnebel in Verbindung steht und sich durch das ganze Sternbild des Orion erstreckt.

Es ist denkbar, daß beim Durchschreiten des Nebels die von der Sonne angezogene feine Nebelmaterie sie als dichte Hülle umgab, so daß ihre Licht- und Wärmestrahlung nicht unwesentlich eingeschränkt wurde. In diesem Falle mußte auf der Erde eine *Eiszeit* entstehen. Vielleicht bezeichnet die diluviale Eiszeit die Periode der Erdgeschichte, in welcher die Kometen dem Sonnensystem angegliedert worden sind.

Besprechungen.

Hayek, H. v., Das Tuberkuloseproblem. Berlin, J. Springer, 1920. VIII, 343 S. und 46 Abbild. Preis geh. M. 26,—; geb. M. 30,—.

Das Problem oder besser Desiderat, welches *v. Hayek* in den 16 Kapiteln seines interessanten Buches verficht, lautet: Die Tuberkulose muß mehr als früher nach immunbiologischen Richtlinien erfaßt werden, denn wie jede andere Infektionskrankheit ist auch sie in all ihren Stadien ein immunbiologisches Problem. Deshalb muß der Kampf gegen sie geführt werden im Einklang mit den Erfahrungen am tuberkulösen Menschen und unter erschöpfender Ausnutzung all der Möglichkeiten, welche das Studium der Immunitätsverhältnisse uns an die Hand gibt. Die bekannten progressiv steigenden Zahlen der Pirquetschen Reaktion im Kindesalter — mit 14 Jahren reagieren 94 % der Kinder positiv, und gar bei Stichreaktion mit dem 12. Jahre fast 100 % (Wiener Material von *Hamburger*), bei einem Obduktionsbefund von 77 % tuberkulöser Gewebsveränderungen im selben Kindesalter — gestatten es, den Satz aufzustellen, daß die Infektionsgelegenheiten bei der Tuberkulose so häufig und so unkontrollierbar sind, daß eine prophylaktische Verhütung derselben praktisch unmöglich zu nennen ist. Denn wir müssen heute diese Reaktionen noch als relative „Späterscheinungen" der tuberkulösen Infektion auffassen, weil die Immunitätsreaktionen zu ihrer Ausbildung ihrerseits noch der Zeit bedürfen.

Einer Revision muß der Begriff der „tuberkulösen Disposition" unterworfen werden, da er vielfach völlig haltlos geworden! Bequemerweise bedient man sich seiner in den Fällen, wo man auf die so schwierige Frage nach der ersten Entstehung tuberkulöser Krankheiten keine Antwort erhält. Einmal erliegen nicht diejenigen am häufigsten der Tuberkulose, welche das Bild der sogenannten „tuberkulösen Disposition" zeigen. Im Gegenteil, es zeigen die Industriegebiete Deutschlands mit ihrer doch gewiß reichlich mit „tuberkulös disponierten" Typen durchsetzten, degenerierten Bevölkerung, sogar eine besonders günstige Abnahme der Tuberkulosesterblichkeit.

Andererseits hat Tirol, das klimatisch gesegnete Land mit seinen kraftstrotzenden Bauern, eine der höchsten Tuberkulosezahlen aller Kulturländer, eine Tuberkuloseletalität, die (neben Japan und Irland) eine auch heute noch ständig ansteigende Kurve aufweist.

Im schroffen Widerspruch zur landläufigen Dispositionslehre steht auch die Beobachtung, daß diejenigen unter den Kriegsentlassenen, welche vor dem Kriege keine Zeichen einer besonderen „tuberkulösen Disposition" boten, die größte Zahl schlechter Prognosen bei ihrer Heimkehr zeigten, während die „Disponierten" und vor allem die schon manifest Tuberkulösen eine bedeutend geringere Sterblichkeit aufwiesen.

Es kann eben offenbar niemals die einseitige anatomische Betrachtung des menschlichen Körpers, sondern nur eine immunbiologische Betrachtung und Erforschung des Kampfes, den der Organismus gegen die Tuberkulose führt, uns das wirkliche Wesen der „Disposition" entschleiern.

Leider sind heute die leicht heilbaren Anfangsstadien der chronischen Tuberkulose noch gar nicht in die Interessensphäre landläufiger ärztlicher Praxis einbezogen. Für die heutige Schulmedizin beginnt allerdings die Tuberkulose vielfach erst dann eine Krankheit zu werden, wenn sie im tertiären Stadium in lebenswichtigen Organen so weitgehende Gewebsschädigungen gesetzt hat, daß dieselben zu sinnfälligen physikalischen Erscheinungen führen. Möglichst frühzeitige Eruierung der ersten Anfänge der „tuberkulösen Disposition", das ist das wichtigste erste Postulat, damit der Schwerpunkt der Bekämpfung in die leicht heilbaren Anfangsstadien verlegt werden kann. Diese Bekämpfung wird zur Aufgabe haben die Erhöhung der „Durchseuchungsresistenz", wird trachten müssen einen Schutz zu verleihen gegen spätere wirklich gefährliche Ansteckung, d. h. die „massive" im Sinne *Römers*. Wir wissen, daß das noch wenig vom Tuberkelbazillus berührte Naturvolk, analog dem Säugling, sofort an den schwersten Formen der Tuberkulose erkrankt — oder, um so verbreiteter die Tuberkulose in einer Bevölkerung ist, um so geringer ist ihre Tuberkuloseletalität. Es wäre also für das Einzelindividuum gar nicht gut, wenn es sorgsam vor jeglicher Berührung mit dem Tuberkelbazillus bewahrt werden könnte, vor dieser gewissermaßen „natürlichen Schutzimpfung", als deren Ausdruck wir im Kindesalter die primäre Drüsentuberkulose, die Skrofulose aufzufassen haben. Verhütet muß werden die Berührung mit schwerkranken, bazillenhustenden Phtisikern und die von ihnen ausgehende Gefahr einer Infektion mit massiven Dosen. Losung muß deshalb sein, zunächst diese Quellen zum Versiegen zu bringen. Die Schwierigkeiten, die es hierbei zu bewältigen gibt, sind nicht kleine, speziell auf sozialhygienischem Gebiet gibt es hierbei am meisten zu tun. Noch sind in fast allen Kulturländern die gesetzlichen Handhaben erst zu schaffen, welche es ermöglichen würden, schwerkranke Phtisiker, die in ungünstigen sanitären Verhältnissen leben, zu isolieren, ebenso fehlt noch eine Anzeigepflicht. Wie weit wir von einer Sanierung in dieser Beziehung noch entfernt sind, beweist die Tatsache, daß in Hamburg, einer der bestsanierten Städte, noch

fast die Hälfte der Todesfälle an Tuberkulose außerhalb der Spitäler erfolgen, was einer weitgehenden Verseuchungsmöglichkeit gleichkommt.

Ausbau der Fürsorgestellen und jahrelange ambulatorische Behandlung der Leichttuberkulösen mit Konstatierung des Krankheitsverlaufs im Rahmen des Fürsorgewesens ist zu fordern. Vorbedingung hierzu wären allerdings zahlreiche Diagnoseanstalten, wo die Behandlungsmethode nach immunbiologischer Indikationsstellung heraus erfolgt. Keineswegs sollen alte bewährte Behandlungsmethoden nun als obsolet verworfen werden, in vielen Punkten ist aber eine Neuorientierung unabweisbar. Da sich die richtige Indikation nicht nach einfacher pathologisch-anatomischer Zustandsdiagnose stellen läßt, ist ein Unterricht der angehenden Tuberkuloseärzte (deren Zahl den neuen Aufgaben entsprechend sehr zu vermehren wäre) im Sinne einer Vertiefung des immunbiologischen Denkens neu zu ordnen. . . . Ein für alle Fälle passendes Schema einer Tuberkulosetherapie läßt sich nicht aufstellen; ganz allgemein läßt sich nur sagen, daß diejenigen Antigenpräparate tauglich sind, die unter Vermeidung unerwünscht starker Reaktionen in proliferierenden Herden eine möglichst starke Förderung der zellulären Abwehrleistungen außerhalb dieser Herde zu erzielen vermögen. Ob Alttuberkulin, albumosefreies Tuberkulin, Neutuberkulin-Bazillenemulsion, Tuberkulomuzin oder Partialantigene, die Wahl dieser Antigene wird abhängig sein von der jeweiligen genauen Indikationsstellung. Ähnlich wie die herrschende Dispositionslehre hat auch das Dogma von der negativen Phase für die Tuberkulose keine Existenzberechtigung. So gut wir die negative Phase bei der antitoxischen Immunität und bei den Opsoninen kennen, so wenig berechtigt ist ihre Annahme bei den Vorgängen, die zur Tuberkuloseimmunität führen, bei der analog der bakteriolytischen Immunität von einer Absättigung der Antikörper nach dem Gesetz der Multipla keine Rede ist. Die Tuberkuloseimmunität ist überhaupt nicht durch eine der uns bekannten Grundformen humoraler Immunität vollkommen zu erklären. Die Injektionen von Antigenen erzeugen bei der Tuberkulose keine Wellentäler im alten Sinne der negativen Phase, sondern stellen Abwehrreize für die zelluläre Immunität dar; die Tuberkulinschäden entspringen somit auch nicht den bei der Tuberkulose nicht existierenden negativen Phasen, sie fallen vielmehr falscher Tuberkulinanwendung zur Last.

v. Hayek unterwirft auch die Frage einer Kritik, ob Allergie oder Anergie der erstrebenswerte Zustand sei. Unterschiedliche Auffassungen hierbei konnten überhaupt nur Platz greifen, weil man zu sehr gewöhnt war nur die „klinische" Tuberkulose zu berücksichtigen und die „latente" Tuberkulose hierbei vernachlässigte. Wie überall in der Biologie gibt es zwischen Allergie (Umstimmung von *v. Pirquet*) und Anergie (Reaktionslosigkeit) fließende Übergänge, Eine mittlere Form der Allergie kann sich sowohl als geringere Empfindlichkeit gegen das Antigen oder auch als Überempfindlichkeit äußern. Daß im Stadium der proliferierenden tertiären Organtuberkulose der Organismus allergisch sein muß, d. h. seine Abwehrkräfte prompt und an richtiger Stelle eingesetzt werden, trifft für dies immunbiologische Stadium der Tuberkulose unbedingt zu. Mit fortschreitender Heilung wird der tuberkulöse Organismus jedoch immer mehr anergisch, als Zeichen, daß die Körperzellen fähig geworden sind, ohne sinnfällige Immunitätsreaktionen, d. h. Krankheitserscheinungen, das Krankheitsantigen abzubauen. Daß dieser Zustand der Anergie nun eine einfache „Antianaphylaxie" ist, lehnt *v. Hayek* mit Recht ab; es läßt sich nicht ohne weiteres ein absolut akuter Zustand beim Tierversuch auf die oft jahrzehntelang sich tätig manifestierende menschliche Tuberkuloseimmunität übertragen. Auch läßt sich diese „Antianaphylaxie" beim tuberkulösen Menschen durch eine entsprechende Erhöhung der Tuberkulindosis leicht als nicht vorhanden demonstrieren, solange eben noch ein tuberkulöser Herd vorhanden. Auch diese Anschauungen erhärtet Verfasser durch Beispiele aus seiner reichen Erfahrung.

Keiner wird die Lektüre des fesselnd geschriebenen Buches beenden, ohne zahlreiche Anregungen empfangen zu haben. *Seitz, Leipzig.*

Reinke, J., Kritik der Abstammungslehre. Leipzig, J. A. Barth, 1920. V, 133 S. Preis geh. M. 13,—; geb. M. 20,—.

Die Studie von *J. Reinke* bringt eine kritische Besprechung der Abstammungslehre, in der auch der persönliche Standpunkt des für die theoretische Biologie so verdienstvollen Forschers zu allen Teilproblemen deutlich zum Ausdruck gelangt. Es wird mit Schärfe darauf hingewiesen, daß die Vererbungslehre nur den Wert eines Axioms besitzt, dem keine apodiktische Sicherheit zukommt, das vielmehr wie neuerdings die für sicher geltenden Newtonschen Gesetze eine Veränderung erfahren kann. Aber es muß zugegeben werden, daß zahlreiche voneinander unabhängige Wege zur Anerkennung der Abstammungslehre hindrängen und uns zu dem Schlusse nötigen, daß der systematischen Verwandtschaft, wie sie sich in dem näheren oder ferneren Abstand der Arten im System äußert, auch eine Blutsverwandtschaft, das heißt ein stammesgeschichtlicher Zusammenhang entspricht. Hierher gehören vor allem die Tatsachen der Paläontologie, der experimentellen Vererbungslehre und der vergleichenden Morphologie. Die Paläontologie hat gezeigt, daß die verschiedenen Organismenkreise tatsächlich in der theoretisch zu erwartenden Reihenfolge auftreten und daß fehlende Zwischenglieder ehemals vorhanden waren. Es ist auch geglückt, einzelne Entwicklungslinien (Pferdereihe usw.) klar herauszuarbeiten. Die experimentelle Vererbungslehre hat zwar ergeben, daß die von *Darwin* für die Entstehung der Arten herangezogenen individuellen Variationen (Modifikationen) nicht erblich sind, also für die Erklärung ausscheiden, sie hat uns dafür aber mit einer Reihe von sprunghaften Änderungen (Mutationen) bekannt gemacht, die allerdings den Rahmen der Gattung nicht überschreiten. Die vergleichende Morphologie endlich hat zahlreiche rudimentäre und reduzierte Merkmale aufgedeckt, die bloß unter dem Gesichtspunkte einer phylogenetischen Entwicklung verständlich sind. Ferner verdanken wir ihr die bedeutungsvolle Erfahrung, daß sich viele Anpassungen, die bei der einen Form noch variabel sind, bei einer nahestehenden andern im erblich fixierten Zustande befinden. All diese Tatsachen liefern aber bloß einzelne Bausteine, während viele allgemeine Probleme noch gänzlich unklar bleiben. Hierher gehört die Frage, wie das Leben zustande gekommen ist, ob die Entwicklung einen mono- oder polyphyletischen Verlauf genommen hat, wie die Anpassungen zustande gekommen sind und worauf der Anstieg zu immer höheren Organisationsformen beruht. Welche Stellung der Verfasser zu all diesen Problemen einnimmt, kann hier im einzelnen nicht wiedergegeben

werden. Nur soviel sei erwähnt, daß er eine rein mechanistische Erklärung ablehnt und ein supranaturalistisches Prinzip heranzieht. Doch das sind Dinge, die schon aus dem Gebiete der exakten Forschung herausfallen und mit Notwendigkeit zur Naturphilosophie hinüberleiten. „Vieles in der Abstammungslehre ist ungeklärt und wird vielleicht immer in Dunkel gehüllt bleiben. Dennoch ist sie für die Biologie wertvoll, zumal als Perspektive und als heuristisches Prinzip." *P. Stark, Leipzig.*

Zuschriften an die Herausgeber.

Die British Association.

Die *British Association for the Advancement of Science*, die 1831 gegründet wurde, um die naturwissenschaftliche Forschung nachhaltig und planmäßig zu beeinflussen, ließ es sich besonders angelegen sein, die Verbindung der englischen Naturforscher aus den verschiedenen Teilen des britischen Reiches untereinander und mit den Gelehrten des Auslandes herzustellen.

Daß diese Gesellschaft sich „britisch" nennt, ist selten außer im Namen betont worden; ihr Ziel ist die Förderung der Wissenschaft, und politische oder chauvinistische Bestrebungen liegen ihr fern. Vor dem Krieg war die Stimmung der Gesellschaft ausgesprochen international, wie der Verlauf der verschiedenen Tagungen und die Zusammensetzung ihrer Teilnehmer beweisen. Besonders die botanische Abteilung hat ein nahes Verhältnis zu den deutschen Gelehrten unterhalten. Während des Krieges hat die Gesellschaft unter recht schwierigen Verhältnissen gelebt. 1915 fand in Manchester, 1916 in Newcastle-on-Tyne unter sehr erschwerten Umständen eine Tagung statt, erschwert, weil die Forscher, soweit sie unbehindert arbeiteten, ihre Ergebnisse sowohl vertraulich behandelten, und außerdem schienen die Behörden in London keine Gelegenheit zu etwaiger freier Aussprache befördern zu wollen. Erst 1919 kam in Bournemouth wieder eine Sitzung der Gesellschaft zustande.

Hätte man mich vor 10 Jahren gefragt nach der Haltung der Gesellschaft im Falle eines Krieges mit Deutschland, ich hätte unbedenklich einen Boykott der Regierung durch die Gesellschaft erwünscht. Leider ist es ganz anders gekommen.

Wir stehen jetzt vor der Frage: welche Möglichkeit besteht, um die Gesellschaft zu einem Boden zu machen, auf dem die Naturforscher aller Länder sich treffen können? Die Aussicht, die die letzte Zusammenkunft in Cardiff bietet, ist nicht ganz entmutigend. Es ist immer eine Wohltat, aus Gesprächen über Bolschewismus und Arbeiterfrage in die reine Luft der Mathematik und Physik zu kommen und etwas aus Cambridge über die Massenspektra der Elemente zu hören. Wäre Prof. *Einstein* anwesend gewesen, ich glaube, die wissenschaftliche Gesinnung hätte sich stärker erwiesen als politische Interessen.

Die Präsidenten der verschiedenen Abteilungen der Gesellschaft sind offenbar in diesem Jahr nicht unter dem Gesichtspunkt gewählt worden, ob sie ihren Intellekt prostituiert haben im Dienst der Kriegsverlängerung, sondern eher, ob sie, wie Archimedes, ihr Werk gefördert haben trotz des Krieges, und ihre Äußerungen seien hier als Zeichen ihrer Gesinnung erwähnt. *Joseph Barcroft* (physiologische Abteilung): „Der Krieg ist vorüber, ich möchte sein Andenken nicht mehr beleben, aber Anoxämie bleibt", oder Prof. *Pearson*: „man braucht nur den Frieden von Versailles zu studieren, um zu sehen, daß er ethnologisch ungesund ist und nicht dauern kann". Noch offener sind die geographischen Grundsätze ausgesprochen durch *John Mc Farlane:* „die Ansprüche Frankreichs auf das Elsaß sind ethnologisch nicht gerechtfertigt".

Es ist deutlich, daß die Kriegspsychose allmählich verschwindet. Wenn auch in der Öffentlichkeit immer noch das Märchen von der Rettung Europas durch England erzählt wird, so wird der Krieg doch tatsächlich bereits von vielen Leuten, wie ich glaube, auch ohne es beweisen zu können, als eine peinliche Angelegenheit angesehen.

Man mißverstehe mich nicht; ich rate den deutschen Gelehrten nicht, 1921 nach Edinburg oder 1922 nach Hull in großer Zahl zu kommen. Dazu eignet sich die deutschfeindliche Stimmung des Landes doch noch nicht. Aber dennoch empfehle ich, die britische Gesellschaft und ihre Tagungen im Auge zu behalten, ob sie nicht doch einmal einen geeigneten Boden für Berührung der verschiedenen Forscher bieten, wenn auch der Tag noch fern ist, wo sie das Wort „Britisch" aus ihrem Namen streichen und gleich leicht in London, Paris oder Berlin tagen wird.

Wheel Birks, Stocksfield-on-Tyne, Northumberland, November 1920. *Hugh Richardson.*

Botanische Mitteilungen.

Untersuchungen über die Beeinflussung der Protoplasmaströmung der Characeen durch mechanische und osmotische Eingriffe. (*L. Lauterbach*, Beih. z. bot. Centralbl. *38*, Abt. I, 1920.) Schon älteren Pflanzenphysiologen wie *Dutrochet* und *Hofmeister* war es bekannt, daß die sehr auffälligen Strömungserscheinungen in den Zellen der Characeen (Armleuchtergewächse) durch mechanischen Druck vorübergehend zum Stillstand gebracht werden können. Eine eingehende Untersuchung über diese Vorgänge bringt die neue Arbeit von *L. Lauterbach.* Es zeigte sich, daß jeder mechanische Eingriff, der zu einer stärkeren Deformation des Plasmas führt, Stillstand veranlaßt. Für die Größe des Erfolges ist die Geschwindigkeit der Deformation maßgebend. Bei sanft anwachsendem Druck bleibt eine Reaktion aus. Die Reaktion folgt dem sogenannten „Alles- oder Nichts-Typus", das heißt, jeder Reiz, der die Schwelle überschreitet, löst gleich die volle Reaktion aus. Unterschwellige Reize, die für sich allein keine Wirkung zu erzielen vermögen, können sich summieren. Jeder Reiz übt eine bestimmte Nachwirkung aus; es bedarf einer längeren Ruhepause, ehe das Plasma nach wiederhergestellter Strömung auf einen erneuten Reiz mit Strömungsstillstand antwortet. Bei intermittierend wiederholter mechanischer Reizung tritt eine Gewöhnung ein; die Schwelle wird hinaufgerückt und es ist ein viel stärkerer Reiz notwendig als ursprünglich, um Stillstand herbeizuführen. Die Sistierung der Plasmaströmung bleibt nicht auf die direkt betroffene Zelle beschränkt, sondern pflanzt sich von Zelle zu Zelle fort. Da eine Charazelle mehrere Zentimeter lang werden kann, so umfaßt die Reizleitung ganz beträchtliche Strecken. Wie durch mechanische, so kann auch durch osmotische und chemische Einflüsse beim Verbringen in Salzlösungen ein Strömungsstillstand veranlaßt werden. Auch hier begegnen wir denselben Erscheinungen von Gewöhnung, Stimmungsänderung und Reizleitung. Durch schwache Äthernarkose wird das Plasma für mechanische Eingriffe unempfindlich und die Sensibilität für osmotische Reize wird herabgesetzt. Stärkere Ätherkonzentrationen bringen die Strömung dagegen selbst

zum Stillstand. Worauf der Einfluß von mechanischen, osmotischen und chemischen Reizen auf das strömende Plasma beruht, ist im einzelnen nicht klargestellt. *P. Stark.*

Die Entstehung der schwarzen Färbung bei den Pflanzen. (Berichte d. D. Bot. Ges., Bd. *38*, H. 7, 1920.) Es ist merkwürdig, durch wie verschiedenartige Mittel die Natur bei den Pflanzen ein schwarzes Aussehen hervorbringt. Selten handelt es sich dabei um einen wirklich schwarzen Farbstoff, sondern um braune, rote oder violette Farbstoffe, die allein, durch besondere Einrichtungen der sie führenden Zellen und des umgebenden Gewebes, oder durch Kombination mit anderen Farben, z. B. Chlorophyll, die Wirkung, einen Pflanzenteil schwarz erscheinen zu lassen, hervorbringen. Die schwarze Farbe tritt auf als Flecken an Laub-, Hoch- und Blumenblättern, ferner an Blattstielen und Dornen, an Früchten, Samen und Sporen, an Flechten und Pilzen, und im Innern bei Sklerenchym und Holz. Der Farbstoff findet sich: 1. im Innern, an die plasmatischen Teile gebunden oder im Zellsaft gelöst (Anthokyan und Anthophaein) oder als mehr oder weniger feste Ausscheidung; 2. an die Membran gebunden, und zwar ist entweder nur die Membran gefärbt oder diese und der Zellinhalt; 3. als Ausscheidung zwischen den Zellen (Phytomelan). Auch können Pflanzenteile dadurch schwarz aussehen, daß sie von anderen Pflanzen überzogen sind. Für alle diese Fälle werden Beispiele angeführt und zum Teil beschrieben. Mehrere der hier erwähnten Farbstoffe, namentlich solche, die als Ausscheidungen in der Zelle auftreten, scheinen bisher noch nicht bekannt gewesen zu sein, so der Farbstoff in den Brakteen von Plantago lanceolata, in den Involucralblättern von Senecio und anderen Kompositen, in den Schildhaaren, welche die Knospenschuppen der Esche bedecken, u. a. Verfasser gedenkt den Gegenstand weiter zu untersuchen. *M. Möbius.*

Notiz zur Kohlensäureassimilation von Neottia. (*Friedl Weber.*) Der im Leben braune Blütenstand der saprophytischen Orchidee *Neottia nidus avis* ergrünt nach *Wiesner* im Moment des Todes und enthält Chlorophyll; auch soll *Neottia* den Angaben verschiedener Autoren nach zur CO_2-Assimilation befähigt sein. Dagegen konnten neuerdings *Willstätter* und *Stoll* keinen Kohlendioxydverbrauch nachweisen. Die Frage ist von Interesse, weil nach *Willschke* Neottia nur eine einzige Chlorophyllkomponente, nämlich a, besitzt und daher an dieser Pflanze die Frage entscheidbar wäre, ob ein Chromatophor allein mit der Chlorophyllkomponente a zu assimilieren vermag. Ohne die Frage endgültig zu lösen, ergab die Untersuchung folgende einschlägige Resultate: Im Dunkeln zur Entwicklung gelangende *Neottia*-Blütenstände etiolieren. Der braune Farbstoff und ebenso die Chlorophyllkomponente a entsteht nur im Lichte. Die in den Chromatophoren auftretenden Stärkeeinschlüsse schwinden bei Verdunkelung nicht und werden auch im Dunkeln gebildet. Die *Neottia*-Chromatophoren geben die Silberreduktion (nach *Molisch* eine sonst bei Phanerogamen ganz allgemein eintretende Reaktion) nicht. *F. Weber.*

Untersuchungen über die Entwicklungsphysiologie des Pilzmycels. Versuche von Herrn *K. O. Müller* im Anschluß an Beobachtungen von *E. G. Pringsheim* führten zu dem Ergebnis, daß der strahlige Bau sich frei entwickelnder Pilzmycelien durch den negativen Chematropismus der Hyphenspitzen zustande kommt, deren Seitenäste sich bei Erweiterung des Kolonieumfanges teilweise zwischen die relativen Haupthyphen schieben. Bei Kultur auf Agar ist das Wachstum sehr gleichmäßig, wodurch die Kolonie fast vollkommen kreisförmig wird.

Das Spitzenwachstum steigt mit der Zunahme der Nährstoffkonzentration nur bei geringen absoluten Werten an und fällt dann wieder ab, während die Dichtigkeit des Mycels noch lange weiter zunimmt. Sie wird ihrerseits bedingt durch die Häufigkeit der Verzweigung und die Dicke der Hyphen. Eine einfache Formel ließ aus diesen drei meßbaren Größen das Massenwachstum errechnen, das denselben Gesetzen in bezug auf die Abhängigkeit der Pilzmasse von der Nährstoffmenge gehorcht, wie sie durch die Bestimmung des Erntegewichtes in Flüssigkeitskulturen gefunden wurden. Innerhalb gewisser Grenzen zeigt sich dann Proportionalität zwischen Massenwachstum und Nährstoffkonzentration.

Die Versuche wurden hauptsächlich mit Saprolegnien, daneben mit Aspergillus und Mulcon angestellt. Weitere Angaben in bezug auf Temperatur, osmotischen Wert und Art der Nährstoffe sind in der ausführlichen Arbeit zu finden. (Ber. d. D. Bot. Ges. Bd. *38*, H. 7, 1920.) *E. G. Pringsheim.*

Künstliche haploide Parthenogenese bei Vaucheria und die geschlechtliche Tendenz der Keimzellen gemischtgeschlechtlicher Pflanzen. (Berichte d. D. Bot. Ges. Bd. *38*, H. 7, 1920.) Die Frage der geschlechtlichen Tendenz der Keimzellen monöcischer Pflanzen kann nur dadurch entschieden werden, daß diese zur parthenogenetischen Entwicklung angeregt werden. Es bestehen zwei Ansichten, daß in den Keimzellen eine genotypische, wirkliche Trennung der Anlagen für das Geschlecht erfolgt oder daß diese Trennung nur eine scheinbare, phänotypische ist. Die Entscheidung dieser Frage bringt das Geschlechtsverhältnis parthenogenetischer Pflanzen. Sind diese den Eltern gleich, also monöcisch, so hatten die Keimzellen männliche *und* weibliche Tendenz, die Trennung in den männlichen oder weiblichen Fortpflanzungsorganen ist also nur phänotypisch. Sind sie aber diöcisch, so muß eine tatsächliche genotypische Trennung stattgefunden haben. Bei *Vaucheria*, einer grünen Alge der Gruppe *Siphoneae*, wurde dieser Beweis zu führen versucht. Es gelang mit Hilfe der bei Parthenogeneseversuchen an Tieren erprobten Methode des Anstechens, wobei zur Verhinderung des Austretens des Zellinhaltes Plasmolyse verwendet wurde, Parthenogenese der männlichen und weiblichen Keimzellen auszulösen und diese zur Bildung erwachsener, fruchtender Fäden anzuregen. Es handelt sich dabei um generative Parthenogenese als Fortentwicklung einer haploiden Eizelle. Die parthenogenetischen Pflanzen waren den Eltern vollkommen gleich, sie trugen Antheridien und Oogonien in gleicher Zahl und Stellung, also *monöcisch*, wodurch die Correnssche Auffassung der männlichen *und* weiblichen Tendenz monöcischer Pflanzen bewiesen ist. Aus der Gleichheit der Produkte männlicher und weiblicher Parthenogenese geht außerdem auch die vollkommene genetische Identität der beiderlei Keimzellen hervor.

Fritz v. Wettstein.

Das Wachstum der Zostera marina L. (Ber. d. D. Bot. Ges. Bd. *38*, S. 187—192, 1920.) *A. C. J. van Goor* berichtet über die Ergebnisse der Zosteramessungen, welche er während seiner Untersuchung der Zosteraassoziation im holländischen Wattenmeere angestellt hat. Es hat sich dabei herausgestellt, daß die Vermutung *Ostenfelds*, daß jeder Sproß der Seegraspflanzen jährlich nur vier bis sechs Blätter erzeugt, jedenfalls zutreffend ist. Die Blätter erscheinen jedoch

nicht im Sommer, sondern im Winter und Frühling. Jeder Sproß erzeugt dann eine Blätterreihe von fünf bis sechs, höchstens sieben Blättern. Während des Sommers erscheinen keine neuen Blätter, die vorhandenen wachsen in die Länge und im Innern der Sprosse werden die neuen Blätter, welche im nächsten Winter erscheinen werden, gebildet. Weiter ergibt sich, daß das Abmähen der Seegraspflanzen der Blätterproduktion in den künftigen Jahren nicht unbeträchtlich schaden kann. *A. C. J. van Goor.*

Über Form und Darstellung der Wachstumskurven. (Ber. d. D. Bot. Ges. Bd. *38*; H. 6, 1920.) Die Arbeit bringt eine vergleichende Zusammenstellung der Formeln, durch welche *Schüepp* (1914), *Blackman* (1919), *Petersen* (1919), *Askenasy* (1880), *Robertson* (1908), *v. Mitscherlich* (1919) das Grundgesetz des Wachstums darstellen wollten. Die meisten Autoren setzen das Wachstum proportional der Menge der wachsenden Substanz und die Formeln sind dadurch innerlich nahe verwandt; eine Sonderstellung hat die Formel von *Mitscherlich*, der vom Höchstertrag der Ernte ausgeht.

Die Größe zur Zeit t ist darzustellen als $y = y_0 \cdot e^{rt}$ (y_0 = Anfangsgröße, $e = 2{,}718$, r = relative Wachstumsgeschwindigkeit).

Bei der Gewichtszunahme ganzer Pflanzen ist die Wachstumsleistung begrenzt durch die *Leistungsfähigkeit der Ernährungsorgane*, beim Wachstum einzelner Knospen- oder Knospenteile durch die *Wachstumsfähigkeit* ihrer Substanz. Ein Vergleich mit der chemischen Autokatalyse ist in keinem der beiden Fälle zulässig. *O. Schüepp.*

Die künstliche Zelle. (Ber. d. D. Bot. Ges. Bd. *38*, S. 136—140, 1920.) *R. Kolkwitz* konstruierte eine neue Glaszelle, die man unten mit Tiermembran, oben mit Pergament überbinden kann und die mit einer besonderen Hahndurchbohrung versehen, für verschiedene Experimente verwendbar ist:

1. Zur Demonstration der Wasseraufnahme durch Saugwirkung (*Dutrochets* Endesmometer),
2. zur Demonstration der Spannung infolge der Wasseraufnahme (Fingerdruck, Ausspritzen eines Saftstrahles),
3. zur Demonstration der Wasserabgabe durch Druckfiltration (Tröpfchenausscheidung, Bluten).

Die Membranen bleiben für folgende Versuche unverletzt und demnach gebrauchsfertig. *R. Kolkwitz.*

Oenothera fallax Renner und die Nomenklatur der Oenotherenbastardierungen. (Ber. d. D. Bot. Ges. *38*, S. 166—175, 1920.) *Ernst Lehmann* erörtert die Bedeutung der in der Oenotherennomenklatur seit *de Vries* üblich gewordenen eigenartigen Bezeichnungsweisen, wie der Zwillingsnamen laeta und velutina, der Namen rigida, gracilis usw. Er zeigt, wie diese Namen teils phänotypisch, teils genotypisch begrenzt sind und wie das besonders unter der strukturellen Verwendungsweise dieser Namen in den Arbeiten von *Renner* hervortritt. Der Name Oe. fallax, *Renner* für rubens-velans eingeführt, ist nichts weiter als ein Spezialname für eine biennivelutina. Zur Klärung der so weitschichtig gewordenen Oenotherenliteratur wird eine Nomenklatur notwendig werden, welche streng strukturell nur auf genotypischer Basis aufbaut. Neben ihr kann dann die sonst übliche phänotypische Nomenklatur einhergehen. *E. Lehmann.*

Über einige physiologische Wirkungen des Osmiumtetroxyds. (*Rud. Seeliger*, Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. *38*, H. 4, 1920.) Weizenkörner erweisen sich gegen die Einwirkung einer wässerigen Lösung des Osmiumtetroxyds (OsO_4) verhältnismäßig widerstandsfähig. Während dünne Gewebeschnitte aus der Wurzel einer roten Rübe bereits nach einem Aufenthalt von 80 Sek. in einer Lösung von $^1/_{256}$ % OsO_4 (18 ° C) schwerste Schädigungen zeigen, können Weizenkörner 8 Stunden lang in 1 % OsO_4 (14,5 ° C) liegen, ohne ihre Entwicklungsfähigkeit einzubüßen. Jedoch erfahren die Organe des Weizenembryos je nach ihrer Lage und der durch sie bedingten verschieden starken Einwirkung des Giftes eine mehr oder weniger ausgeprägte krankhafte Veränderung, die sich in einer *Verzögerung der Keimung*, ferner in einer *Verlangsamung des Wachstums* und *Verzwergung* der Blattorgane der jungen Keimpflanze äußert. Besonders auffallend ist die Keimungsverzögerung. Stark osmierte Körner können 3 Wochen und länger scheintot im Keimbett liegen, ehe sie die an der Sprengung der Hülle erkennbaren ersten Anzeichen beginnender Keimung zeigen. *R. Seeliger.*

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die heutigen Anschauungen über den Bau und die Entstehung der Alpen. (*Fr. Nußbaum* [Bern], Geogr. Anz. Heft I/II, 1919.) Gegen 1890 war man zu der Auffassung gelangt, daß die Bildung der Alpen seit den ältesten Erdepochen mit örtlich und zeitlich wechselnder Intensität uneinheitlich unter Faltung, Bruch und Überschiebung dauernd wirksam gewesen sei. Die Hauptfaltungen fallen unmittelbar hinter das Karbon, zwischen die untere und obere Kreide und gegen das Ende des Tertiärs (Hauptfaltung). Die Trennung von West- und Ostalpen besteht seit dem Karbon; diese wurden mehr von der zweiten, jene mehr von der dritten betroffen. Der Schub erfolgte von Süden. Die Überschiebungen, die „Klippen" und die exotischen Blöcke waren bekannt, aber umstritten. Vorzüglich an sie knüpfen die neueren Anschauungen vom Bau und der Entstehung der Alpen an. — Die Lagerung älterer Schichten über jüngeren, die man durch Konstruktion von Pilzfalten (Mattstock-Churfirsten) oder von Doppelfalten (Glarner Doppelfalte *Alb. Heims*) zu verstehen gesucht hatte, wurde 1884 neu beleuchtet durch *Bertrand*, der die Glarner Falten, die Klippen und exotischen Blöcke durch die Annahme einer gewaltigen Überschiebung erklärte, wie er ähnliche im varistischen Rumpfgebirge Nordfrankreichs kennen gelernt hatte. Dem stimmte 1893 als erster *Schardt* für die Klippen des Vierwaldstätterseegebietes bei. Wenig später aber erklärte *Lugeon* die ganze nördliche Kalkalpenzone zwischen Rhone und Rhein als überschobenes Gebirge, wobei er sich ebenso wie *Schardt* auf den Nachweis der Wurzellosigkeit und des raschen Fazieswechsels in südnördlicher Richtung stützte. Anfang unseres Jahrhunderts wurde dann, ganz besonders anläßlich der Bohrung des Simplontunnels, die Wurzellosigkeit auch kristallinischer Massive nachgewiesen und die schon von *Studer* (1851) beobachtete Verknetung mit mesozoischen Gesteinen in mehrfach übereinandergelagerten Decken begründet gefunden (*Schmidt*).

Hand in Hand mit diesen Erkenntnissen ging eine neue Terminologie: Die überschobenen „Deckfalten" oder „Decken", die durch die Erosion von „Fenstern" durchsetzt, in „Deckschollen" oder „Klippen" aufgelöst und an ihrer Stirn in mehrfache „Teildecken" gelappt sein können, sind meist „Tauchdecken", deren Stirn in die Tiefe taucht und unter Umständen wieder emporbrandet (Säntis), so daß sie sich in eine „Wurzel"-, „Scheitel"-, „Absenkungs"- und „Brandungszone" gliedert, von denen die vorletzt

genannte Reste (Klippen) durch Erosion zerstörter höherer Decken tragen kann. (Dies alles ist besonders ausgeprägt bei den helvetischen Decken.) Demnach ist das Gebirge „autochthon", an Ort und Stelle gefaltet und nicht überschoben oder „Deckenland" oder „Wurzelland". Man unterscheidet in den Schweizer Alpen von Norden nach Süden die im Rhein- und Rhonetal wurzelnden drei helvetischen Decken, über denen die südlich des Gotthardmassives wurzelnden vier lepontinischen Decken lagern. An dieses nördliche Deckenland stößt die Zone der nördlichen autochthonen Gebirge (Aiguilles rouges-, Aar-, Montblanc- und Gotthardmassiv), an diese das nördliche Wurzelland, das der genannten Decken. Darauf folgt das südliche Deckenland mit den in der südlichen Alpenzone wurzelnden, über die lepontinischen gelagerten ostalpinen und penninischen Decken, die im Westen sechsfach übereinander liegen. Daran schließt sich das südliche Wurzelland (Zone von Ivrea) und die Zone der südlichen autochthonen Gebirge. Die Tatsache, daß bei der heutigen Auffassung die in der Hauptsache in die Kreide versetzten ostalpinen Decken über den tertiären lepontinischen Decken lagern, bereitet der Alpengeologie neue große, noch ungelöste Schwierigkeiten. Das Gleiche gilt für den Mechanismus des Deckenbaus, für den folgende Eigenschaften wichtig sind: die mehrfache Übereinanderlagerung, die Ausdehnung und Länge der Decken (die südlichst wurzelnden stoßen am meisten nordwärts vor; Entfernung zwischen Decke und Wurzel bis 120km und mehr), die mit metamorphen Veränderungen des Gesteins einhergehenden Verbiegungen und Zerknitterungen, die vertikalen Brüche und die Horizontalverschiebungen (beides Erscheinungen, die den Vergleich mit dem sich bewegenden Gletscher nahelegen [Referent]). Die Ursache der Entstehung der Alpen erblicken *Schardt* und *Schmidt* im Abgleiten durch Horizontalschub zu bedeutender Höhe emporgepreßter Isoklinalfalten, wogegen aber die mit dem Abgleiten schwer zu vereinigende lange Dauer der Gebirgsbildung und die gute Erhaltung des Schichtverbandes in den am weitesten gewanderten (beim Gleiten am meisten beanspruchten) Nordsaume spricht (Säntis). Wahrscheinlicher ist eine langdauernde wiederholte horizontale Stoßbewegung, welche die Decken übereinanderschob, und zum Schluß eine erneute Zusammenschiebung, bei der auch die Massive gefaltet wurden und die untereinander verfalteten Decken am Rande des emporgehobenen Molassegebirges brandeten.

B. Brandt.

Schwedische geophysikalische Gesellschaft. Der zu Gothenburg im Herbst 1918 abgehaltene skandinavische Geophysikerkongreß hat die Gründung einer schwedischen geophysikalischen Gesellschaft am 6. Februar 1920 zur Folge gehabt. Ihr Ziel ist die Förderung der geophysikalischen Forschungen und der Zusammenarbeit der skandinavischen wie der fremden Geophysiker. Diesem Zwecke sollen Versammlungen, Pflege der Beziehungen zu fremden Gelehrten, Vorbereitung der skandinavischen Geophysikerkongresse, Förderung geophysikalischer Forschungen, Veröffentlichungen geophysikalischer Arbeiten sowie Verständigung über Arbeitsteilung und Vermeidung von Doppelarbeiten dienen. Der Vorsitzende der Gesellschaft, die jährlich fünf Sitzungen in Stockholm abzuhalten gedenkt, ist Professor *G. de Geer*. Außerdem gehören dem Vorstande an die Herren *G. Ekman, H. W. Ahlmann, S. Lübeck, V. Carlheim-Gyllensköld, V. W. Ekman, A. Gavelin, O. Nordenskjöld, H. Pettersson, K. D. P. Rosén, J. W. Sandström, A. Wallén* und *F. Åkerblom.*

In der Sitzung am 24. Februar 1920 hielt Direktor *J. W. Sandström* einen Vortrag über *die geophysikalischen Forschungsexpeditionen in das schwedische Hochgebirge*, deren meteorologische Resultate von besonderer Wichtigkeit für das Klima von ganz Nordeuropa sind. Am 30. März sprach Professor *M. Aurén* über die von einem privaten Komitee ausgeführten Arbeiten über die elektrischen Erdströme, zu deren weiterer Erforschung eine Mitwirkung der Telegraphenverwaltung in Aussicht genommen ist. *A. Angström* erörterte die Probleme der Wärmebestrahlung durch die Sonne und deren geophysikalische Konsequenzen. In der Sitzung am 22. April hielt *M. G. Roßby* einen Vortrag über die Prinzipien und Methoden eines zirkumpolaren meteorologischen Beobachtungsdienstes. Er besprach die neuen Entdeckungen der Bjerknesschen Schule, insbesondere das Auftreten einer Diskontinuität zwischen der kalten polaren und der warmen äquatorialen Luft, die sogenannte „polare Front", die von großer Bedeutung für die Entwicklung der Zyklonen und demzufolge auch für die Wetterprognose ist. Er machte ferner Mitteilung von dem geplanten internationalen Zentralbureau, das diese Entdeckungen zugunsten einer Wettervorhersage für mehrere Tage im voraus zu verwerten gedenkt.

Schon im Jahre 1918 ist in dieser Zeitschrift auf das Interesse hingewiesen worden, das von englischer Seite bereits während des Krieges der geophysikalischen Forschung entgegengebracht wurde[1]). Hoffentlich trägt die Begründung der schwedischen geophysikalischen Gesellschaft und die Einrichtung skandinavischer geophysikalischer Kongresse dazu bei, auch bei uns in Deutschland einem Zusammenschlusse der Geophysiker die Wege zu ebnen. — *O. Baschin.*

R. A. Millikan und *B. E. Shackelford* berichten im Phys. Rev. Vol. 15 p. 239 über **Versuche, durch starke elektrische Felder Elektronen aus Metalloberflächen herauszuziehen.** In einem so hohen Vakuum, daß der Gasrest für die Entladung keine Rolle mehr spielt (der gemessene Druck war von der Ordnung 10^{-6} mm Quecksilber), hängt das für eine Entladung notwendige Potentialgefälle außerordentlich von der Beschaffenheit der Oberfläche ab. Die Entladung selbst wird dabei durch den Ladungsabfall eines Goldblattelektroskopes konstatiert. Sind die Metalloberflächen nicht besonders von okkludierten Gasen und sonstigen Oberflächenschichten befreit, so zeigt das Goldblattelektroskop einen kleinen Abfall an, wenn das Potentialgefälle zwischen 10—50 000 Volt pro mm beträgt. Werden Wolfram-Elektroden benutzt und dieselben durch Rotglut entgast, so steigt das für den gleichen Effekt nötige Potentialgefälle auf 40—70 000 Volt pro mm. Werden die Wolfram-Elektroden auf 2700° absoluter Temperatur erhitzt, so ergibt sich sogar für den durch das Elektroskop merkbaren Beginn der Entladung ein Potentialgefälle von 430 000 Volt pro mm. Der erste Funke tritt sogar erst bei 600 000 Volt pro mm oder 6 Millionen Volt pro cm auf. Da hiernach auch im höchsten Vakuum die Entladung in so hoher Weise von den Unreinigkeiten der Oberfläche abhängt, erscheint es zweifelhaft, ob überhaupt eine bestimmte Feldstärke existiert, welche Elektronen aus einer reinen Metalloberfläche herausziehen kann. *Regener.*

[1]) Geophysikalische Diskussionsabende. Die Naturwissenschaften, Berlin, 1918, *6*, S. 466.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW

Sachregister.

Ablenkung, Über die — eines außerhalb des Prismenhauptschnittes verlaufenden Strahles. S. 58.
Abstammungslehre, Kritik der — (Bespr.). S. 1044.
— Pflanzenmetarmorphose und — (Hugo Fischer). S. 268.
Adria, Die Gezeitenerscheinungen in der —. S. 893.
Aerologische Stationen, Vorläufige Ergebnisse militärischer —. S. 500.
Afrika, Seefahrtsbeobachtungen von der Ostküste —. S. 907.
Afrikadurchquerung, Die erste — auf dem Luftwege. S. 940.
Akustische Entfernungsmessung. S. 134.
Alkoholische Gärung, Weiteres über die Beziehungen der Aldehyde zur —. S. 610.
Alpen, Die heutigen Anschauungen über den Bau und die Entstehung der — S. 1047.
Alpenflora (Bespr.). S. 57.
Amazonien, ein Beitrag zur Geographie Äquatorialamerikas. S. 351.
Amboland, Beobachtungen in Südwest-Angola und im — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 37.
Ameisen, Die Gastpflege der —, ihre biologischen und philosophischen Probleme (Bespr.). S. 687.
Ameisenmimikry, Das Problem der —. S. 98.
Amine, Die biogenen — und ihre Bedeutung für die Physiologie und Pathologie des pflanzlichen und tierischen Stoffwechsels (Bespr.). S. 659.
Aminosäuren, Der Umsatz der — und die physiologische Rolle ihrer Umsetzungsprodukte (A. Pütter). S. 88.
Anatomie im Dienste der Psychiatrie (W. Spielmeyer). S. 333.
— Wilhelm Roux und die — (H. Braus). S. 435.
Animal life, The influence of man on — in Scotland, a study in faunal evolution (Bespr.). S. 924.
Anorganische Experimentalchemie, Lehrbuch der — (Bespr.). S. 155.
Antidromie, Über Homodromie und — insbesondere bei Gramineen. S. 75.
Antizyklone, Bau und Mechanik der Zyklone und — und ihre Beziehungen zum allgemeinen Kreislauf der Atmosphäre (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 536.
Arbeitsausschuß, Verlauf der Tagung eines — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 660.
Arbeitspsychologie (Emil Kraepelin). S. 855.
Argon, Ein neues Verfahren zur Gewinnung von —. S. 483.
Arktische Elemente in der aralokaspischen Fauna. S. 853.
Arzneigemische, Über die Wirkung von — (W. Storm van Leeuwen). S. 929.
Astronomie, Newcombs — für Jedermann (Bespr.). S. 585.
— sphärische, Ein didaktisches Hilfsmittel zur —. S. 315.
Astronomische Mitteilungen. S. 40, 211, 291, 315, 367, 395, 500, 514, 539, 586, 798, 814, 870.
Astronomische Zeitschrift, Eine neue —. S. 540.
Astrophysik (Bespr.). S. 797.
Asymmetrische Entwicklung und Situs inversus viscerum bei Zwillingen und Doppelbildungen. S. 175.
Atmosphäre, Die Zusammensetzung der —. S. 356.
— freie, Der tägliche Gang des Luftdruckes und der Temperatur in der —. S. 78.
Atom, Das — (Max Born). S. 213.
Atombau, Über die Bedeutung der Röntgenstrahlen für die Erforschung des — (W. Kossel). S. 978.
— und Spektrallinien (Bespr.). S. 423.
Atome, Die — (Bespr.). S. 658.
Atomkern, Spezielle Relativitätstheorie und Probleme des — (Zuschr.). S. 206, 512.
— Spezielle Relativitätstheorie und Probleme des —. Entgegnung auf Herrn Smekals zusätzliche Bemerkungen zu seiner Notiz (Zuschr.). S. 812.
— Über die Beziehungen zwischen Zerfallskonstante und Reichweite und den Bau des — (Zuschr.). S. 207.
Auftauen, Über die Bedeutung der Art des — für die Erhaltung gefrorener Pflanzen. S. 394.
Augen, Wirbeltier-, Das Schema der —. S. 476.
Augenzittern, Über die Beleuchtung der Gruben mit Bezug auf das — der Bergleute. S. 750.
Aushungerung, Die Wirkung der — Deutschlands auf die Berliner Kinder. S. 116.
Auspuffgase der Azetylenmotoren. S. 714.
Azetylenflamme, Über die Energieverteilung im sichtbaren Spektrum der —. S. 354.
Azetylenmotoren, Die Auspuffgase der —. S. 714.
Bahnbestimmung, Eine Methode der — für alle Exzentrizitäten. S. 315.
— von spektroskopischen Doppelsternen. S. 211.
Bakterien, Über die gegenseitige Schädigung und Förderung von —. S. 661.
— Symbiose bei — (E. G. Pringsheim). S. 101.
Bakteriopurpurin, Zur Biologie des — und der Purpurbakterien. S. 308.
Barentsmeer, Untersuchungsfahrt des Reichsforschungsdampfers Poseidon in das — im Juni und Juli 1913. S. 837.
Bastarde, Die Godronschen — zwischen Aegilops- und Triticumarten. S. 77.
Baukunst, Die muhammedanische — in Persien (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 393.
Baumgrenze und Klimacharakter (Bespr.). S. 55.
Baustein im alten Peru (B. Brandt). S. 493.
Bayern, Kurze starke Regenfälle in —. S. 355.
Bayessche Regel. Über eine wahrscheinlichkeitstheoretische Rechtfertigung des Erwartungsgefühles (Paul Hertz). S. 684.
Beaufortskala als Empfindlichkeitsgesetz. S. 78.
Befruchtungs- und Todproblem, Otto Bütschli und das — (Max Hartmann). S. 555.
Beleuchtung, Über die — der Gruben mit Bezug auf das Augenzittern der Bergleute. S. 750.
Belichtungszeit, minimale, Über die —, welche die Keimung der Samen von Lythrum Salicaria auslöst. S. 308.
Benzinverbrauch, Der zunehmende — und seine Deckung. S. 137.
Benzol, Nachweis von — in Benzin. S. 607.
Benzolkohlenwasserstoffe, Die Gewinnung von — aus Erdöl. S. 853.
Berg- und Tiefbau, Die Durchforschung der Erdrinde und ihre Nutzbarmachung im —. S. 353.
Bernstein, Julius, Lebensarbeit (Bespr.). S. 193.
— Über die künstliche Klärung des —. S. 410.
Beton, Schußwirkung auf — und Eisenbeton. S. 411.
— Zerstörung von — durch Kalktonerdesulfat. S. 869.
Biene, Über den Geruchsinn der — (A. Kühn). S. 491.
Bienen, Neues zur Frage nach einem Farbensinne bei den — (C. v. Heß). S. 927.

Bildentstehung auf der photographischen Platte (Lüppo-Cramer). S. 43.
Bildmaß, Das natürliche — und der goldene Schnitt (F. Hauser). S. 509.
Bimetallaktinometer, Michelsonsches, Ein Jahr Messungen mit dem —. S. 78.
Binokulare Instrumente nach Quellen bis zum Ausgang von 1910 (Bespr.). S. 1007.
Biologie, historische, Das Problem der — (Bespr.). S. 636.
Biologischer Unterricht, Richard Hertwig und der — an den höheren Lehranstalten (C. Zimmer). S. 778.
Biologische Vorträge, populäre (Bespr.). S. 637.
Biochemie, Kleines Wörterbuch der — und Pharmakologie (Bespr.). S. 705.
Blut, Eine chemische Studie über das — verschiedener Wirbelloser. S. 749.
Bolivien, Über Luftspiegelungen und Tromben im Hochlande von —. S. 111.
Bosporus, Grundzüge der Geologie des — (Bespr.). S. 811.
Botanische Betrachtungen über entwicklungsmechanische Begriffe (E. Küster). S. 453.
Botanische Mitteilungen. S. 75, 307, 394, 476, 661, 956.
Botanisches Wörterbuch (Bespr.). S. 852.
Brandenburg, Beiträge zur Vogelfauna der Mark —. S. 331.
Brasilien vor dem Kriege. S. 58.
Brennstoffe, Zur Frage der wirtschaftlichen Ausnutzung der —. S. 893.
Brenzkatechin, Über das Vorkommen von — und Hydrochinon in lebenden Pflanzen. S. 838.
Brille, Die Entwicklung der — (Bespr.). S. 533.
British Association (Zuschr.). S. 1045.
Brom, Die Entdeckung des —. S. 894.
Brot, Über das — in Krieg und Frieden (C. Brahm). S. 821.
Brücke zwischen Chemie und Physik (Max Born). S. 373.
Bütschli, Otto, 1848—1920 (Richard Goldschmidt). S. 543.
— — und das Befruchtungs- und Todproblem (Max Hartmann). S. 555.
— — Erklärung der karyokinetischen Figur (Josef Spek). S. 561.
— — als Kolloidchemiker (H. Freundlich). S. 562.
— — Verhältnis zur Kristallographie und Mineralogie (V. Goldschmidt). S. 564.
— — als Protozoenforscher (Clara Hamburger). S. 559.
— — Veröffentlichungen von — (Clara Hamburger). S. 567.
— — Wabentheorie (L. Rhumbler). S. 549.
Bunsen, Robert, Gesammelte Abhandlungen von — (Zuschr.). S. 393.
Carnegie-Institution, Magnetische und luftelektrische Arbeiten der — von 1916 bis 1918 (A. Nippoldt und K. Kähler). S. 187.
δ Cephei, Die Periode von —. S. 369.
— -Sterne, Zur Statistik der —. S. 539.
— -Veränderliche, Eine neue Theorie der —. S. 211.
Cepheus, Zwei Höhlennebel im —. S. 396.
Characeen, Untersuchungen über die Beeinflussung der Protoplasmaströmung der — durch mechanische und osmotische Eingriffe. S. 1045.
Chemie, anorganische, Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der — (Bespr.). S. 425.
— — Geschichte der — (Bespr.). S. 794.
— — Grundlinien der — (Bespr.). S. 424.
— — Handbuch der Arbeitsmethoden in der — (Bespr.). S. 795.
— Die Befruchtung der — durch die Röntgenstrahlenphysik (Paul Pfeiffer). S. 984.
— Die Brücke zwischen — und Physik (Max Born). S. 373.
— Kurzes Lehrbuch der — (Bespr.). S. 156.
Chemiker-Kalender 1920 (Bespr.). S. 425.
Chemische Elemente, Die neueste Entwicklung der Lehre von den — (Fritz Paneth). S. 839.
— Grundbegriffe (Bespr.). S. 907.
— Technologie der Legierungen (Bespr.). S. 95.
— Umwandlung, Die Zwischenstufen bei der — (Eduard Färber). S. 322. — (Zuschr.). S. 497.
— Verbindungen, Die Untersuchungen Goldsteins über die Einwirkung der Kathodenstrahlen auf — (W. Marckwald). S. 725.
Chimica delle sostanze esplosive (Bespr.). S. 701.
China, Eine Reise von — nach Ostturkistan im Kriege (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 537.
Chininfestigkeit, Die erworbene — der Malariaparasiten. S. 329.
Chirurg, Pathologische Physiologie des — (Bespr.). S. 955.
Cholin als Hormon der Darmbewegung (R. Magnus). S. 383.
Chromidien, Richard Hertwig und die Lehre von den — und dem Chromatindualismus (Paul Buchner). S. 774.
Chromnickelstahle, Die hochlegierten — als nichtrostende Stahle (B. Strauß). S. 812.
Chromsäure, Über die Ursachen der periodischen Erscheinungen bei der Elektrolyse von — und über die Abscheidung metallischen Chroms (Zuschr.). S. 747.
Coaz, Oberforstinspektor Dr. Joh. (Bespr.). S. 194.
Colonial forms, Reversion in orientation to light in the —. S. 479.
Connecticuttale, Das Leben im — zur Triaszeit. S. 1028.
Coulombsches Gesetz, Über die Abweichungen vom — in großer Nähe elektrischer Ladungen. S. 640.
Cystin, Die Rolle des — bei der Ernährung, gezeigt an Versuchen mit den Eiweißkörpern der Bohne. S. 941.
Dampfturbinen mit Reduktionsgetrieben (H. Treitel). S. 345.
Darmbewegung, Cholin als Hormon der — (R. Magnus). S. 383.
Darwinsche Zufallstheorie, Eine Erneuerung der — (Hermann Kranichfeld). S. 397.
Dasselfliegen des Rindes und ihre wirtschaftliche Bedeutung (E. Fritsche). S. 523.
Definition des Lebewesens auf Grund seiner thermodynamischen Eigenschaften (Zuschr.). S. 581.
Deformation der Erde, Theorie der — durch Flutkräfte. S. 314.
Denken, Das autistisch-undisziplinierte — in der Medizin und seine Überwindung (Bespr.). S. 192.
Depside, Untersuchungen über — und Gerbstoffe (Bespr.). S. 231.

Deutschland, Geburtenrückgang in —. S. 112.
— Kritische Studien zu Glazialfragen —. S. 835.
Deutsch-Österreich. S. 58.
Deutsch-Ostafrika, Das abflußlose Rumpfschollenland im nordöstlichen —. S. 909.
Dezimalsystem, Die Bezeichnungsweise des —, angewandt auf prozentuale Verhältnisse, insbesondere Konzentrationsbezeichnungen (Zuschr.). S. 391.
Dimensionsbetrachtungen, Modellregeln und — (Ludwig Hopf). S. 81, 107.
Dissoziationszustand der Fixsterngase. S. 480.
Drang und Zwang (Bespr.). S. 633.
Düngemittel, Sulfitablauge als —. S. 925.
Düngezwecke, Die direkte Verwendung von rohem Gaswasser zu —. S. 837.
Dunkeltiere im Licht und Lichttiere im Dunkel (Paul Kammerer). S. 28.
Dynamik, Die Prinzipe der — (Bespr.). S. 535.
Edelgase, Die Bedeutung der — für die Elektrotechnik (Fritz Schröter). S. 627.
Ei, Beobachtungen an Nest und — (Deutsche Ornithologische Gesellschaft). S. 36.
Eigenblutinfusion, Über —. S. 890.
Eigenhygiene, Vernunft und Widersinn in der — der Naturvölker (L. Külz). S. 736.
Einsteinsche Gravitationstheorie, Die Grundlagen der — (Bespr.). S. 812.
— — Die Rotverschiebung der Spektrallinien zur Prüfung der —. S. 177.
Einzeltod, Völkertod, biologische Unsterblichkeit (Bespr.). S. 512.
Eisenbakterien, Zur Ernährungsphysiologie der —. S. 310.
Eisenbeton, Schußwirkung auf Beton und —. S. 411.
Eisenerze Spitzbergens. S. 39.
Eiweißchemie, allgemeine, Fortschritte der — (Wolfgang Pauli). S. 911.
Elastische Aufbiegung, Der Einfluß der — der Balance einer Unruh auf die Schwingungsdauer. S. 58.
Elefantengebiß, Zur Ontogenie des — [Odontologische Studien III] (Bespr.). S. 622.
Elektrizität, Theorie der — (Bespr.). S. 427.
Elektrizitätsversorgung, Einheitliche — in England. S. 482.
— der Schweiz (Hans Roth). S. 271.
Elektrizitätswirtschaft in und nach dem Kriege (G. Siegel). S. 517.
Elektrochemie, Lehrbuch der — (Bespr.). S. 95.
Elektrolyte, Kolloidale —. S. 838.
Elektronen, Versuche, durch starke elektrische Felder — aus Metalloberflächen herauszuziehen. S. 1048.
Elektronenanordnung in den Elementen der großen Perioden (Zuschr.). S. 57.
Elektronenordnung in den Elementen der großen Perioden (Rudolf Ladenburg). S. 5.
— Über den Zusammenhang einiger physikalischer Eigenschaften mit der — in den Elementen (Zuschr.). S. 284.
Elektrotechnik, Die Bedeutung der Edelgase für die — (Fritz Schröter). S. 627.
— Jahrbuch der — (Bespr.). S. 603.
Elementarsynthese, Die organische — in der Technik (Erich Baum). S. 577, 596, 616.
Elemente, Über den Zusammenhang einiger physikalischer Eigenschaften mit der Elektronenordnung in den — (Zuschr.). S. 284.
— chemische, Die neueste Entwicklung der Lehre von den — (Fritz Paneth). S. 839.
— Isotope —. S. 289, 607.
Ellipsoidhypothese in den Spezialbewegungen der Fixsterne. S. 540.
Elodeablätter, Über Zellteilungen in — nach Plasmolyse. S. 307.
Empfindlichkeitsgesetz, Die Beaufortskala als —. S. 78.
Energieverteilung in den Spektrallinien. S. 354.
— im sichtbaren Spektrum der Azetylenflamme. S. 354.
Entfaltungsbewegungen der Pflanzen und deren teleologische Deutung (Bespr.). S. 746.
Entfernungsmessung, Akustische —. S. 135.
Entgasung des Kesselspeisewassers. S. 408.
Entwicklungsmechanische Begriffe, Botanische Betrachtungen über — (E. Küster). S. 453.
Erblichkeit, Variabilität und —. S. 480.
Erdbebenforschung, Die deutsche Zentralstelle für — (Zuschr.). S. 364.
Erdbebenwellen, Laufzeiten von — (C. Mainka). S. 993.
Erdharz. S. 1031.
Erdkruste, Neuere Anschauungen über den Aufbau der —. S. 350.
Erdkunde, Gesellschaft für — zu Berlin: Beobachtungen in Südwest-Angola und im Ambolande. S. 37.
— Reiseeindrücke aus der südlichen Mandschurei. S. 207.
— Die geographische Ausbreitung des Menschengeschlechtes. S. 208.
— Die neue Landkarte Europas und die Gesetze der politischen Geographie. S. 209.
— Panamakanal. S. 284.
— Die muhammedanische Baukunst in Persien. S. 393.
— Entwicklung des Kartenbildes von Tibet und Ostturkistan. S. 536.
— Eine Reise von China nach Ostturkistan im Kriege. S. 537.
— Die Wüste des Isthmus von Suez. S. 538.
— Verlauf der Tagung eines Arbeitsausschusses. S. 660.
— Vier Jahre als Geologe in Peking. S. 938.
Erdkundlicher Unterricht, Beiträge zum —. S. 638.
Erdmagnetismus, Die physikalische Erklärung des beharrlichen Feldes des — (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 661.
Erdöl, Die Gewinnung von Benzolkohlenwasserstoffen aus —. S. 853.
Erdrinde, Die Durchforschung der — und ihre Nutzbarmachung im Berg- und Tiefbau. S. 353.
Erdrutsch, Über einen — im Fläming. S. 894.
Erkenntnislehre, Allgemeine (Bespr.). S. 11.
Erkrankungen und Todesfälle unter der Bevölkerung in Wolhynien und Polen im Gebiete des Bug und Pripet. S. 113.
Ernährung, Die organische — bei höheren grünen Pflanzen (Zuschr.). S. 496.
Ernährungslehre, Handbuch der — (Bespr.). S. 624.
Ernährungsphysiologie der Eisenbakterien. S. 310.

Erwartungsgefühl, Über eine wahrscheinlichkeitstheoretische Rechtfertigung des — [Bayessche Regel] (Paul Hertz). S. 684.
Erz- und Kohlenversorgung, Die künftige — Deutschlands. S. 260.
Erze, sulfidische, Die kolloidale Löslichkeit von — (Deutsche Geologische Gesellschaft zu Berlin). S. 1028.
Esplosive, Chimica delle sostante — (Bespr.). S. 704.
Euphratkarte, Eine neue —. S. 910.
Europa, Die neue Landkarte — und die Gesetze der politischen Geographie (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 209.
Exkrete, Zur Physiologie und Biologie der —. S. 309.
Exkretion und ihre Bedeutung im Leben der Pflanze (Karl Gerhardt). S. 41.
Experimentalchemie, anorganische, Lehrbuch der — (Bespr.). S. 155.
Experimentalzoologie, Einführung in die — (Bespr.). S. 388.
Explosionen, Über Staub-. S. 838.
Exzentrizitäten, Eine Methode der Bahnbestimmung für alle —. S. 315.
Färbung, schwarze, Die Entstehung der — bei den Pflanzen. S. 1046.
Farbe, Die chemische Theorie der — (J. Eggert). S. 529.
Farben- und Formensehen der Vögel (Deutsche Ornithologische Gesellschaft). S. 956.
Farbenempfindlichkeit lichtelektrischer Zellen. S. 40.
Farbenharmonien, Die systematischen Grundlagen der neuen Lehre von den — (Johannes Podestà). S. 756.
Farbensinn, Neues zur Frage nach einem — bei den Bienen (C. v. Heß). S. 927.
Farbstoff der Mitteldarmdrüse des Krebses (L. Lewin). S. 154.
Faserstoffchemie, Über einige Fragen der — (R. O. Herzog). S. 673.
Fauna, aralokaspische, Die arktischen Elemente in der —. S. 853.
Faunal evolution, The influence of man on animal life in Scotland, a study in — (Bespr.). S. 924.
Faunistische Prinzipien. S. 332.
Feld, beharrliches, Physikalische Erklärung des — des Erdmagnetismus (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 661.
Fett, Über das — der Noctiluca miliaris. S. 925.
Fettminimum des Menschen. S. 117.
Filme, Lehr-, Wetterkundliche —. S. 77.
Fische, Über die — des strömenden Oberrheins. S. 96.
Fixsterne, Über die Eigenbewegungen der —. S. 539.
— Die Ellipsoidhypothese in den Spezialbewegungen der —. S. 540.
— Zur Theorie des Momentenellipsoids bei den Eigenbewegungen der —. S. 315.
Fixsterngase, Über den Dissoziationszustand der —. S. 480.
Fläming, Über einen Erdrutsch im —. S. 894.
Flora, Illustrierte — von Mitteleuropa (Bespr.). S. 56.
Fluggeschwindigkeiten, Die größtmöglichen Flugstrecken und —. S. 606.
Flugtechnik (Bespr.). S. 833.
Flugzeug, Wolkenauflösung durch ein —. S. 356
Flugzeuge, Die wahre Neigung von —. S. 38.
Flugzeugexpedition, Die englische — zum Südpol. S. 313.
Flußmäander, Eine Theorie der —. S. 481.
Flutkräfte, Theorie der Deformation der Erde durch —. S. 314.
Form und Geschwindigkeit. Ein Beitrag zur allgemeinen Morphologie (Karl (Przibram). S. 103.
— organische, Der Begriff der — (Bespr.). S. 637.
Fortpflanzung, Die Formen der — im Tierreich und ihre Beziehungen zu Organisation und Lebensweise (Horst Wachs). S. 317.
Frauenstudium, Über das —, eine soziologische und biologische Untersuchung auf Grund einer Erhebung (Bespr.). S. 834.
Freiballon, Zur Mechanik des —. S. 136.
Froschlarven, Der Einfluß innersekretorischer Organe auf Wachstum und Entwicklung von — (B. Romeis). S. 860.
Frost, Das Eindringen des — in den Erdboden (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 327.
Fürbringer, Max (H. Braus). S. 357.
Funkentelegraphie, Wetterdienst und — (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 134.
Funktionelle Anpassung, Die Lehre von der — in der Orthopädie (Georg Magnus). S. 451.
Gärtnerei, Pflanzenphysiologie als Theorie der — (Bespr.). S. 626.
Gärung, alkoholische, Weiteres über die Beziehungen der Aldehyde zur —. S. 610.
Gärungschemie, Neue Ergebnisse in der —. S. 289.
Gartengehölze, Die Krankheiten unsrer Waldbäume und wichtigsten — (Bespr.). S. 57.
Gasbrand (Bespr.). S. 14.
Gase, Kampf-, Die Erkrankungen durch — (W. Heubner). S. 247.
Gas-Sparbrenner, Ein neuer —. S. 483. — (Zuschr.) S. 603.
Gastpflege der Ameisen, ihre biologischen und philosophischen Probleme (Bespr.). S. 687.
Gasverbrauch in den deutschen Städten. S. 355.
Gaswasser, rohes, Die direkte Verwendung von — zu Düngezwecken. S. 837.
Gas- und Wasserleitungen, Zur Zerstörung der — in gipshaltigem Lehmboden. S. 665.
Gebirgsbildung, Der derzeitige Stand der Anschauungen über die Ursachen der — (B. Brandt). S. 705.
Gebirgswinde, Über die — in den Mittleren Vogesen. S. 78.
Geburtenrückgang in Deutschland. S. 112.
Gefäße, Über Kriegsverletzungen der — (Gerhardt von Bonin). S. 917.
Geißelbewegung, Zur Mechanik der —. S. 957.
Geisteskrankheiten, Die Diagnose der — (Bespr.). S. 852.
Gemütsbewegungen, Körperliche Veränderungen im Gefolge von —. S. 890.
Geographie. S. 115.
— der Vorwelt [Paläogeographie] (Bespr.). S. 585.
Geographische Grundlagen für den Bedarf an Motorpflügen auf der Erde. S. 349.
Geographische Mitteilungen. S. 111, 349, 907.
Geologe, Vier Jahre als — in Peking (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 938.

Geologie, Angewandte — im Feldzuge [Kriegsgeologie] (J. Wilser). S. 645.
— Grundzüge der — des Bosporus (Bespr.). S. 811.
— von Neuseeland (Otto Wilckens). S. 808.
— der Schweiz (Bespr.). S. 810.
— Vorschule der — (Bespr.). S. 955.
Geologische Gesellschaft, Deutsche — zu Berlin: Metamorphose der kristallinen Schiefer im Vordertaunus. S. 1027.
— Die kolloidale Löslichkeit von sulfidischen Erzen. S. 1028.
Geologisches Kartieren und Prospektieren (Bespr.). S. 601.
Geomorphologie (Bespr.). S. 585.
Geophysikalische Gesellschaft, Schwedische —. S. 1046.
Geophysikalische Mitteilungen. S. 640.
Geotropismus, Neuere Arbeiten über Phototropismus und —. S. 479.
— Der heutige Stand der Statolithentheorie des — (H. v. Guttenberg). S. 571.
Gerbstoffe, Untersuchungen über Depside und — (Bespr.). S. 231.
Gerbstoff-Forschung, Neuere Ergebnisse auf dem Gebiete der — (Karl Freudenberg). S. 903.
Geruch, Über den — brechenden Gesteins (Zuschr.). S. 689.
Geruchschemie, Die Grundlagen der —. S. 891.
Geruchsinn, Über den — der Biene (A. Kühn). S. 491.
Geschlecht und Zellstruktur (S. Gutherz). S. 878.
Geschlechtsbestimmung und Geschlechtsverwandlung (Bespr.). S. 513.
Geschlechtsmerkmale, Sekundäre — und Kastration. S. 329.
Geschwindigkeit, Form und —. Ein Beitrag zur allgemeinen Morphologie (Karl Przibram). S. 103.
Gesetzmäßigkeit, Über psychische —, insbesondere über das Webersche Gesetz (Bespr.). S. 656.
Gestein, Über den Geruch brechenden — (Zuschr.). S. 689.
Gesundheitsstatistik, Eine — der männlichen Bevölkerung in England. S. 748.
Gezeiten, Über den Einfluß des Windes auf die — mit besonderer Berücksichtigung Wilhelmshavens und der Deutschen Bucht. S. 17.
Gezeitenerscheinungen in der Adria. S. 893.
Glas, optisches, Benennung des —. S. 58.
Glazialfragen, Kritische Studien zu — Deutschlands. S. 835.
Glimmwirkung, Die Verwertung der — elektrischer Leiter zum Schutze gegen Überspannungen. S. 410.
Godronsche Bastarde zwischen Aegilops- und Triticumarten. S. 77.
Goethes Morphologie (Bespr.). S. 205.
Goldener Schnitt, Das natürliche Bildmaß und der — (F. Hauser). S. 509.
Goldstein, Eugen (Otto Reichenheim). S. 717.
— — Die Untersuchungen — über die Einwirkung der Kathodenstrahlen auf chemische Verbindungen (W. Marckwald). S. 725.
— — Über einige spektroskopische Arbeiten — (A. Sommerfeld). S. 723.
— — Verzeichnis der Veröffentlichungen — (Otto Reichenheim). S. 719.
Gramineen, Über Homodromie und Antidromie insbesondere bei —. S. 75.
Grauer Streifen auf der Scheibe des III. (hellsten) Jupitermondes. S. 292.
Gravitationstheorie, Einsteinsche, Die Grundlagen der — (Bespr.). S. 812.
— — Die Rotverschiebung der Spektrallinien zur Prüfung der —. S. 177.
— Inwiefern läßt sich die moderne — ohne die Relativität begründen? (Zuschr.). S. 1008, 1010.
Grönland. S. 58.
Grüner Strahl, Zur Kenntnis des —. S. 481. — (Zuschr.). S. 497, 583.
Grundwasserstand, Die Beobachtung der Veränderung des —. S. 364.
Haarkleidwechsel, Über Hautzeichnung bei Säugetieren infolge des —. S. 869.
Haptotropismus, Das Resultantengesetz beim —. S. 308.
Harreß, F., Die Versuche von — über die Geschwindigkeit des Lichtes in bewegten Körpern (O. Knopf). S. 815.
Hautzeichnung bei Säugetieren infolge des Haarkleidwechsels. S. 869.
Heilkunde, Röntgenstrahlen und — (Max Levy-Dorn). S. 962.
Heizöl, Kohlen-, ein neuer Brennstoff. S. 854.
Helianthus annuus, Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Wasserleitungsbahn und Transpirationsverhältnissen bei —. S. 663
Helligkeit des Planeten Saturn. S. 291.
Helmholtzsche Wirbeltheorie für Ingenieure (Bespr.). S. 390.
Hermaphroditismus bei Triton cristatus. S. 332.
Hertwig, Richard — zum siebzigsten Geburtstag, 23. September 1920 (Franz Doflein). S. 767.
— — und die Lehre von den Chromidien und dem Chromatindualismus (Paul Buchner). S. 774.
— — Untersuchungen über das Nervensystem und die Sinnesorgane der Medusen (Hans Nachtsheim). S. 776.
— — Kleines zoologisches Praktikum (Otto Koehler). S. 780.
— — und der biologische Unterricht an den höheren Lehranstalten (C. Zimmer). S. 778.
— — und die experimentelle Zoologie (Richard Goldschmidt). S. 771.
— — Lehrbuch der Zoologie (K. v. Frisch). S. 782.
Hiddensee, Die Vogelwelt in — (Deutsche Ornithologische Gesellschaft). S. 35.
Hochfrequenzspektra, Die M-Serie der —. S. 640.
Höhlen der Rheinpfalz. S. 350.
Höhlennebel, Zwei — im Cepheus. S. 396.
Hören, Über das — unter Wasser. S. 117.
Homodromie, Über — und Antidromie insbesondere bei Gramineen. S. 75.
Hormon, Cholin als — der Darmbewegung (R. Magnus). S. 383.
Hornzähne, Über die — der Zyklostomen und ihre phylogenetische Bedeutung. S. 477.
Hydratnatur, Die Frage nach der — der Zeolithe. S. 259.
Hydrochinon, Über das Vorkommen von Brenzkatechin und — in lebenden Pflanzen. S. 838.
Hygiene, Eigen-, Vernunft und Widersinn in der — der Naturvölker (L. Külz). S. 736.
Jahreskonferenz, IX. — für Naturdenkmalpflege in Berlin (O. Herr). S. 132.
Jahresringbildung, Über die teleologische und kausale Deutung der — des Stammes (Hans André). S. 998, 1021.

Immunität der einjährigen Pflanzen gegenüber den symbiotischen Pilzen. S. 942.
Inkretorische Tätigkeit der Keimdrüsen und ihr Einfluß auf die Gestaltung des Körpers (H. Stieve). S. 895.
Insuffizienzkrankheiten des Säuglings (S. Samelson). S. 611.
Intensitätsverschiebung, Spektrale — und Schwächung der Jodfluoreszenz durch ein magnetisches Feld. S. 78.
Isotope Elemente. S. 289, 607.
Isthmus von Suez, Die Wüste des — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 538.
Italien, Zur Wirtschaftsgeographie —. S. 57.
Jupitermond, Ein grauer Streifen auf der Scheibe des III. (hellsten) —. S. 292.
Kalkspat, Die Verwendung der Lauediagramme zur Bestimmung der Struktur des — (Bespr.). S. 157.
Kalktonerdesulfat, Zerstörung von Beton durch —. S. 869.
Kaltblütertuberkulose, Die Bedeutung der — für die Behandlung der menschlichen Tuberkulose (H. v. Hayek). S. 587.
Kamerun im Weltkriege. S. 610.
Kampfgase, Die Erkrankungen durch — (W. Heubner). S. 247.
Kanalstrahlen (E. Gehrcke). S. 721.
Kanalstrahlenforschung, Das periodische System der chemischen Elemente im Lichte der jüngsten — (R. Swinne). S. 727.
Karnak, Pflanzenbilder im Tempel von —. S. 59.
Kartographie, Kriegsfortschritte der —. S. 114.
Karyokinetische Figur, Über Bütschlis Erklärung der — (Josef Spek). S. 561.
Kastration, Sekundäre Geschlechtsmerkmale und —. S. 329.
Kathodenstrahlen, Die Untersuchungen Goldsteins über die Einwirkung der — auf chemische Verbindungen (W. Marckwald). S. 725.
Kausalprinzip, Naturphilosophische Betrachtungen über das — (Moritz Schlick). S. 461.
Kautschukarten, Untersuchungen über die natürlichen und künstlichen — (Bespr.). S. 232.
Keimdrüsen, Die inkretorische Tätigkeit der — und ihr Einfluß auf die Gestaltung des Körpers (H. Stieve). S. 895.
Keimdrüsentransplantationen beim Schwammspinner. S. 477.
Keimzellen, Die geschlechtliche Tendenz der — gemischtgeschlechtlicher Pflanzen. S. 662.
Kesselspeisewasser, Über die Entgasung des —. S. 408.
Kleinasien, Die Vegetation des westlichen —. S. 330.
Klimacharakter, Baumgrenze und — (Bespr.). S. 55.
Klimaschwankungen, Die Ursachen der — der Vorzeit, besonders der Eiszeiten. S. 483.
Klimatologie im Dienste der Medizin (Bespr.). S. 832.
Kloet, Die Vulkan-Katastrophe des — auf Java. S. 39.
Koagulation kolloider Lösungen (Westgren und Reitstötter). S. 277.
Körperliche Veränderungen im Gefolge von Gemütsbewegungen. S. 890.
Kohle, Verwitterung der —. S. 406.
Kohlen, Die Selbstentzündung der —. S. 310.
Kohlenheizöl, ein neuer Brennstoff. S. 854.
Kohlenoxydfreies Leuchtgas. S. 137.
Kohlensäure und Pflanzenwachstum (Bespr.). S. 658.
— Pflanzenwuchs und — (Hugo Fischer). S. 413.
Kohlensäureassimilation, Notiz zur — von Neottia. S. 1046.
Kohlenwasserstoffanalyse, Neue Methode der — mit Hilfe von Bakterien. S. 480.
Kolloidale Elektrolyte. S. 838.
Kolloidchemie und Meteorologie. S. 610.
Kolloidchemiker, Otto Bütschli als — (H. Freundlich). S. 562.
Kolloide Lösungen, Über die Koagulation — (Westgren und Reitstötter). S. 277.
Kometen, Der Ursprung der — (Elis Strömgren). S. 485.
Komplexverbindungen, Einführung in die Chemie der — (Bespr.). S. 233.
Kontinuitätsprinzip, Das — und seine Bedeutung in der Biologie (Bespr.). S. 194.
Kraftmaschine, Der Mensch als — (Carl Oppenheimer). S. 64.
Krebs, Der Farbstoff der Mitteldarmdrüse des — (L. Lewin). S. 154.
Kreiselkompaß, Ein neuer —. S. 77.
Kriegsgeologie, Angewandte Geologie im Feldzuge (J. Wilser). S. 645.
Kriegssterblichkeit, Kriegsjahre in Dänemark und in der Schweiz, verglichen mit Deutschlands —. S. 892.
Kriegsverletzungen der Gefäße (Gerhardt von Bonin). S. 917.
Kristallographie, Grundriß der — (Bespr.). S. 766.
— Leitfaden der — (Bespr.). S. 602.
— Röntgenstrahlen und —. (Friedrich Rinne). S. 971.
Kryptophon, ein Mittel zur Geheimhaltung von Telephongesprächen. S. 38.
K-Serie der Röntgenstrahlen. S. 640.
Kuckuckseier, Mimikry der — (Deutsche Ornithologische Gesellschaft). S. 195.
Kugelphotometer, Das — (Bespr.). S. 907.
Lager umlaufender Wellen, Eine optische Methode zur Bestimmung der Dicke der Ölschicht in den —. S. 605.
Lagrangesche Dreieckspunkte, Asymptotische Satellitenbahnen in der Nähe der —. S. 395.
Landschaftskunde, Die Grundlagen der — (Bespr.). S. 282.
Lauediagramme, Die Verwendung der — zur Bestimmung der Struktur des Kalkspates (Bespr.). S. 157.
Leben, Über die Kunst, das — der Pflanze zu verlängern. S. 308.
Lebensdauer, Zur Physiologie der — (A. Pütter). S. 201. — (Zuschr.). S. 475.
Lebensmittelproduktion, landwirtschaftliche, Die Steigerungsmöglichkeiten der — (K. Ereky). S. 1033.
Lebewesen, Die Definition des — auf Grund seiner thermodynamischen Eigenschaften und die daraus folgenden biologischen Grundprinzipien (Erwin Bauer). S. 338.
Legierungen, Chemische Technologie der — (Bespr.). S. 95.
Lehmboden, gipshaltiger, Zur Zerstörung der Gas- und Wasserleitungen in —. S. 665.
Lehrfilm (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 327.

Leichtmetallindustrie, Entwicklung und gegenwärtiger Stand der —. II. Verarbeitung und Verwendung (E. H. Schulz). S. 166.
Leuchtfarben, Radioaktive — (Bespr.). S. 602.
Leuchtgas, Kohlenoxydfreies —. S. 137.
Licht, Die Versuche von F. Harreß über die Geschwindigkeit des — in bewegten Körpern (O. Knopf). S. 815.
Lichtablenkung, Jährliche Refraktion und — in der Nähe der Sonne. S. 814.
Lichtelektrische Messungen, Ergebnis — an der Nova Aquilae Nr. 3. S. 40.
Lichtelektrische Zellen, Farbenempfindlichkeit —. S. 40.
Lichtintensität, Über die Reaktionen freibeweglicher pflanzlicher Organismen auf plötzliche Änderungen der —. S. 956.
Lichtkurven, Künstliche —. S. 500.
Lichtphysiologie, Die — der Pflanzen (Fritz Jürgen Meyer). S. 842.
Lichttiere, Dunkeltiere im Licht und — im Dunkel (Paul Kammerer). S. 28.
Liebigsches Gesetz vom Minimum und das Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren (Eilh. Alfred Mitscherlich). S. 85.
Lößbildung, Das Rätsel der —. S. 711.
Logik, Grundzüge einer kritischen und formalen Urteilslehre (Bespr.). S. 74.
Lop-nor-Gebiet, Aurel Steins Forschungsreise im —. S. 498.
Lotung vom fahrenden Schiff aus. S. 941.
Luft, Flüssige —, Sauerstoff, Wasserstoff (Bespr.). S. 796.
Luftdruck, Der tägliche Gang des — und der Temperatur in der freien Atmosphäre. S. 78.
Luftelektrisch, Magnetische und — Arbeiten der Carnegie-Institution von 1916 bis 1918 (A. Nippoldt und K. Kähler). S. 187.
Luftfahrt, Mechanisch-physikalische Probleme der —. S. 663.
Luftreinigung, Die elektrische —. S. 750.
Luftspiegelungen und Tromben im Hochlande von Bolivien. S. 111.
Luftstickstoffindustrie in Amerika. S. 482.
Lufttemperatur, Die Verteilung der — in Deutschland. S. 498.
Luftverkehr, Der Einfluß des Windes im — (E. Everling). S. 418.
Luftweg, Die erste Afrikadurchquerung auf dem —. S. 940.
Lumière, Traité de la — (Bespr.). S. 657.
Lythrum Salicaria, Über die minimale Belichtungszeit, welche die Keimung der Samen von — auslöst. S. 309.
Magendarmkanal, Das Schicksal des Streptococcus haemolyticus im —. S. 891.
Magnetische und luftelektrische Arbeiten der Carnegie-Institution von 1916 bis 1918 (A. Nippoldt und K. Kähler). S. 187.
— Vermessung des sächsischen Staatsgebietes (Bespr.). S. 602.
Malariabekämpfung beim Palästinafeldzug. S. 892.
Malariaparasiten, Die erworbene Chininfestigkeit der —. S. 329.
Mandschurei, südliche, Reiseeindrücke aus der — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 207.
Materie, kristalline, Zur Theorie des Wachstums- und Lösungsvorganges — (Bespr.). S. 534.
Mathematik und Naturwissenschaften in Spenglers „Untergang des Abendlandes“ (P. Riebesell). S. 507.
Mechanik, statistische, Über die Grundlagen der —. S. 709.
Mechanische Probleme bei der Bildung kristalliner Schiefer (O. H. Erdmannsdörffer). S. 340.
Medusen, Richard Hertwigs Untersuchungen über das Nervensystem und die Sinnesorgane der — (Hans Nachtsheim). S. 776.
Meeresforschung, Die deutsche wissenschaftliche Kommission für —. S. 892.
Meeresströmungen, Unsere Kenntnis von den Ursachen der — (Bruno Schulz). S. 1013.
Mendelsche Spaltung, Über das Sichtbarwerden der — im Pollen von Oenotherabastarden. S. 309.
Mensch, Der — als Kraftmaschine (Carl Oppenheimer). S. 64.
Menschengeschlecht, Die geographische Ausbreitung des — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 208.
Menschheitswende, Wanderungen im Grenzgebiet von Politik und Wissenschaft (Bespr.). S. 638.
Merkur, Historisch-Kritisches über die Perihelbewegung des — (M. v. Laue). S. 735.
Merkwürdiges Objekt. S. 1032.
Metalle, Die — und ihre Verbindungen (Bespr.). S. 747.
Metalli, Combinazioni chimiche fra — (Bespr.). S. 704.
Metalluntersuchungen mittels Röntgenstrahlen. S. 640.
Metallvergiftung, Über die Selbstregeneration eines Enzyms nach —. S. 664.
Meteorologentag, Deutscher — in Leipzig. S. 1032.
Meteorologie, Kolloidchemie und —. S. 610.
Meteorologische Gesellschaft, Deutsche — (Berliner Zweigverein): Wetterdienst und Funkentelegraphie. S. 134.
— Lehrfilm. S. 327.
— Das Eindringen des Frostes in den Erdboden. S. 327.
— Über Probleme der meteorologischen Photometrie. S. 394.
— Häufigkeit und Verbreitung großer Tagesmengen des Niederschlages in Norddeutschland. S. 535.
— Bau und Mechanik der Zyklonen und Antizyklonen. S. 536.
— Die physikalische Erklärung des beharrlichen Feldes des Erdmagnetismus. S. 661.
Meteorologische Photometrie, Über Probleme der — (Deutsche Meteorologische Gesellschaft). S. 394.
Metopismus am menschlichen Schädel. S. 176.
Michelsonsches Bimetallaktinometer, Ein Jahr Messungen mit dem —. S. 78.
Mikroskopieren, In welchem Sinne kann man von einem — des Feinbaus der Kristalle mittels Röntgenstrahlen reden (M. v. Laue). S. 968.
Mikroskopisch-zoologisches Praktikum, Leitfaden für das — (Bespr.). S. 206.
Milchsäure, Die Rolle der — in der Energetik des Muskels (Otto Meyerhof). S. 696.
Mimikry, Ameisen-, Das Problem der —. S. 98.
— der Kuckuckseier (Deutsche ornithologische Gesellschaft). S. 195.
Mineralchemie, Handbuch der — (Bespr.). S. 603.
Mineralien, Über die Farben der — (C. Doelter). S. 21.

Minerva, Jahrbuch der gelehrten Welt (Bespr.). S. 514.
Mischkristalle, Die neuen Forschungen G. Tammans über — (W. Fraenkel). S. 161.
Mittelländisches Meer, Internationale Kommission zur wissenschaftlichen Erforschung des —. S. 892.
Mitteleuropa, Illustrierte Flora von — (Bespr.). S. 56.
Modellregeln und Dimensionsbetrachtungen (Ludwig Hopf). S. 81, 107.
Momentenellipsoid, Zur Theorie des — bei den Eigenbewegungen der Fixsterne. S. 315.
Mond- und Rangoonbohnen, indische, Die Beurteilung der —. S. 889.
Morphologie, Goethes — (Bespr.). S. 205.
— Idealistische — und Phylogenetik (Bespr.). S. 625.
Motorpflüge, Die geographischen Grundlagen für den Bedarf an — auf der Erde. S. 349.
M-Serie der Hochfrequenzspektra. S. 640.
Muskel, Über die Rolle der Milchsäure in der Energetik des — (Otto Meyerhof). S. 696.
Muskelkontraktion, Der physikalisch-chemische Mechanismus der — (E. Herzfeld und R. Klinger). S. 359.
Nachtigallschwirl, Die Verbreitung und die Lebensweise des — (Deutsche ornithologische Gesellschaft). S. 195.
Nahrungstrieb, Der — des Menschen. S. 748.
Naturdenkmalpflege, IX. Jahreskonferenz für — in Berlin (O. Herr). S. 132.
Naturphilosophische Betrachtungen über das Kausalprinzip (Moritz Schlick). S. 461.
Naturvölker, Vernunft und Widersinn in der Eigenhygiene der — (L. Külz). S. 736.
Naturwissenschaften, Die Mathematik und die — in Spenglers „Untergang des Abendlandes" (P. Riebesell). S. 507.
— Einführung in die mathematische Behandlung der — (Bespr.). S. 535.
Nauennummer der Telefunken-Zeitung. S. 258.
Neonlampe für stroboskopische Zwecke. S. 604.
Neottia, Notiz zur Kohlensäureassimilation von —. S. 1046.
Nest und Ei, Beobachtungen an — (Deutsche Ornithologische Gesellschaft). S. 36.
Neu-Mecklenburger (Neu-Guinea), Bei dem aussterbenden Inselvolk der — (L. Külz). S. 127.
Neuseeland, Die Geologie von — (Otto Wilckens). S. 808.
Nichtrostende Stahle, Die hochlegierten Chromnickelstahle als — (B. Strauß). S. 812.
Niederschlag, Häufigkeit und Verbreitung großer Tagesmengen des — in Norddeutschland (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 535.
Nobelpreis, Der diesjährige — für Medizin. S. 1011.
Noctiluca miliaris, Über das Fett der —. S. 925.
Norddeutschland, Häufigkeit und Verbreitung großer Tagesmengen des Niederschlages in — (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 535.
Nordsee, Die Polflut in der — und Ostsee. S. 353.
Nova Aquilae 3, Beobachtungen der Helligkeit, des Farbenindex und des Spektrums der —. S. 500.
Nova Cygni. S. 798.
Ob, Der —. S. 910.
Oberrhein, Das Plankton des —. S. 96.
Odontologische Studien. III. Zur Ontogenie des Elefantengebisses (Bespr.). S. 622.
Ökologie, Physiologie und — [Die Kultur der Gegenwart] (Bespr.). S. 194.
Ölmaschine, Der Verbrennungsvorgang in der —. S. 867.
Oenothera fallax Renner und die Nomenklatur der Oenotherenbastardierungen. S. 1047.
Oenotherabastarde, Über das Sichtbarwerden der Mendelschen Spaltung im Pollen von —. S. 309.
Optische Methode zur Bestimmung der Dicke der Ölschicht in den Lagern umlaufender Wellen. S. 605.
Optisches Glas, Benennung des —. S. 58.
Organische Ernährung bei höheren grünen Pflanzen (Friedrich Czapek). S. 226.
Organismen, Über die Reaktionen freibeweglicher pflanzlicher — auf plötzliche Änderungen der Lichtintensität. S. 956.
Orientierung des Menschen im Raum, Neuere Untersuchungen über die — (W. Sulze). S. 788.
Ornithologische Gesellschaft, Deutsche —: Die Vogelwelt in Hiddensee. S. 35.
— Die Vogelwarte Rossitten. S. 35.
— Die Gewohnheit des Wanderfalken, im Fluge zu jagen. S. 35.
— Beobachtungen an Nest und Ei. S. 36.
— Wetterdienststellen für Beobachtungen des Vogelzuges. S. 37.
— Die Verbreitung und die Lebensweise des Nachtigallschwirls. S. 195.
— Mimikry der Kuckuckseier. S. 195.
— Bestandsveränderungen schlesischer Vögel. S. 285.
— Das Farben- und Formensehen der Vögel. S. 956.
Orthopädie, Die Lehre von der funktionellen Anpassung in der — (Georg Magnus). S. 451.
Osmiumtetroxyd, Über einige physiologische Wirkungen des —. S. 1047.
Ostafrika, Deutsch-, Das abflußlose Rumpfschollenland im nordöstlichen —. S. 909.
— Portugiesisch-, Der Norden von —. S. 351.
Ostsee, Die Polflut in der Nordsee und in der —. S. 353.
Ostturkistan, Entwicklung des Kartenbildes von Tibet und — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 536.
Paläobotanik, Potoniés Lehrbuch der — (Bespr.). S. 954.
Paläogeographie, Geographie der Vorwelt (Bespr.). S. 585.
Paläoklimatische Forschung, Die hauptsächlichsten Fundamentalsätze der —. S. 113.
Paläontologie, Allgemeine — (Bespr.). S. 283.
Palästina, Sciroccobeobachtungen im südwestlichen Teile —. S. 77.
Panamakanal (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 284.
Paramagnetismus, Zur Quantentheorie des —. S. 78.
Pathologie, allgemeine (Bespr.). S. 14.
Peking, Vier Jahre als Geologe in — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 938.
Perihelbewegung, Historisch-Kritisches über die — des Merkur (M. v. Laue). S. 735.
Periodisches System der chemischen Elemente im Lichte der jüngsten Kanalstrahlenforschung (R. Swinne). S. 727.
Persien, Die muhammedanische Baukunst in — (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 393.

Pflanzen, Anatomie der — (Bespr.). S. 831.
Pflanzenbilder im Tempel von Karnak. S. 59.
Pflanzenmetamorphose und Abstammungslehre (Hugo Fischer). S. 268.
Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei (Bespr.). S. 626.
Pflanzenreich, Das — (Bespr.). S. 689, 830.
Pflanzenwachstum, Kohlensäure und — (Bespr.). S. 658.
Pflanzenwuchs und Kohlensäure (Hugo Fischer). S. 413.
Pharmaka, Über die — in der Ilias und Odyssee (Bespr.). S. 583.
Pharmakologie, Kleines Wörterbuch der Biochemie und — (Bespr.). S. 705.
Philosophische Kritik der Wahrscheinlichkeitsrechnung (Hans Reichenbach). S. 146.
Photographische Platte, Die Bildentstehung auf der — (Lüppo-Cramer). S. 43.
Photodynamische Stoffe, Über die Wirkung der —. S. 958.
Photo- und Geotropismus, Neuere Arbeiten über —. S. 479.
Photometrie, meteorologische, Über Probleme der — (Deutsche Meteorologische Gesellschaft). S. 394.
— Photographische — heller Sterne. S. 316.
Phototrope Erscheinungen, Über die Abhängigkeit der — von der Größe der beleuchteten Fläche. S. 310.
Phototropische Fundamentalversuche, Neue —. S. 661.
Phylogenetik, Idealistische Morphologie und — (Bespr.). S. 625.
Physik, Die Brücke zwischen Chemie und — (Max Born). S. 373.
— als geometrische Notwendigkeit (Arthur Haas). S. 121. — Zuschr. (Erwin Freundlich). S. 234.
— Lehrbuch der — (Bespr.). S. 14, 634.
— Lehrbuch der — für Mediziner, Biologen und Psychologen (Bespr.). S. 389.
— praktische, Kleiner Leitfaden der — (Bespr.). S. 635.
Physikalisch-chemischer Mechanismus der Muskelkontraktion (E. Herzfeld und R. Klinger). S. 359.
Physikalische Eigenschaften, Über den Zusammenhang einiger — mit der Elektronenordnung in den Elementen (Zuschr.). S. 284.
— Voraussetzungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung (Hans Reichenbach). S. 46.
Physiologie, Grundriß der — (Bespr.). S. 624.
— Lehrbuch der — des Menschen (Bespr.). S. 660.
— und Ökologie [Die Kultur der Gegenwart] (Bespr.). S. 194.
— Pathologische — (Bespr.). S. 659.
— — des Chirurgen (Bespr.). S. 955.
Physiologische Mitteilungen. S. 748, 889.
Pilze, symbiotische, Die Immunität der einjährigen Pflanzen gegenüber den —. S. 942.
Pilzmycel, Untersuchungen über die Entwicklungsphysiologie des —. S. 1046.
Planetensystem, Die Entwicklung unseres — (Fr. Nölke). S. 1038.
Plankton des Oberrheins. S. 96.
Plasmolyse, Über Zellteilungen in Elodeablättern nach —. S. 307.
Plattensee, Vom —. S. 926.
Pogsons schneidende Kurve, Die Hauptphasen veränderlicher Sterne berechnet mit —. S. 316.
Polarflecke, sehr helle, Beobachtungen — des Planeten Venus. S. 292.
Polargebiete, Das Klima der —. S. 312.
Polarisationsmikroskop, Das — in der Zoologie (W. J. Schmidt). S. 783.
Polbewegung, Die Chandlersche und die Newcombsche Periode der —. S. 640.
— in Beziehung zur Zähigkeit und zu einer hypothetischen Magmaschicht der Erde. S. 314.
Polflut in der Nord- und Ostsee. S. 353.
Polysaccharide (Bespr.). S. 95.
Portugiesisch-Ostafrika, Der Norden von —. S. 351.
Protoplasmaströmung, Über die Erregung der — durch verschiedene Strahlenarten. S. 478.
— Untersuchungen über die Beeinflussung der — der Characeen durch mechanische und osmotische Eingriffe. S. 1045.
Protozoenforscher, Otto Bütschli als — (Clara Hamburger). S. 559.
Psychiatrie, Anatomie im Dienste der — (W. Spielmeyer). S. 333.
Psychologisches Praktikum (Bespr.). S. 93, 657.
Pubertätsdrüse, Verjüngung durch experimentelle Neubelebung der alternden — von E. Steinach (H. Stieve). S. 643.
Publikationen, wichtigste, Übersicht der — von Wilhelm Roux (G. Wetzel). S. 457.
Pungueфluß, Eine Fahrt auf dem — in Mosambik. S. 852.
Purpurbakterien, Aus der Biologie der — (Johannes Buder). S. 260.
— Zur Biologie des Bakteriopurpurins und der —. S. 308.
Quanten, Theorie der Strahlung und der — (Bespr.). S. 635.
Quantentheorie, Die Grundlagen der — (Bespr.). S. 635.
— des Paramagnetismus. S. 78.
Quantum theory of spectra, Report on the — (Bespr.). S. 811.
Radioaktive Leuchtfarben (Bespr.). S. 602.
Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen (Bespr.). S. 94.
— Meßmethoden auf dem Gebiete der — (Bespr.). S. 513.
— und Relativitätstheorie. S. 609.
Ramuswirkung, Schiffswiderstand und — bei Stufenbooten. S. 1030.
Rangoonbohnen, Die Beurteilung der indischen Mondbohnen und —. S. 889.
R Aquarii. S. 292.
Rassehygiene, Brauchen wir eine —? S. 836.
— Die Grundirrtümer der heutigen —. S. 891.
Rationierungsmethoden in Deutschland und Dänemark. S. 339.
Rats, The prevention and destruction of —. S. 713.
Reduktionsgetriebe, Dampfturbinen mit — (H. Treitel). S. 345.
Reflexionsvermögen, Das — von Wolfram bei Glühtemperaturen. S. 355.
Refraktion, Jährliche — und Lichtablenkung in der Nähe der Sonne. S. 814.
— jährliche, Neue Untersuchungen über die —. S. 514.
Regenfälle, Kurze starke — in Bayern. S. 355.
Regulationen der Pflanzen (Bespr.). S. 764.
Reizschwelle, Das Gesetz der — (A. Pütter). S. 501.

Relativität, Inwiefern läßt sich die moderne Gravitationstheorie ohne die — begründen? (Zuschr.). S. 1008, 1010.
Relativitätstheorie, Die — (Bespr.). S. 766.
— allgemeine, Zur Prüfung der — an der Beobachtung (Zuschr.). S. 390, 474.
— Radioaktivität und —. S. 609.
— Die Ergebnisse der totalen Sonnenfinsternis vom 29. Mai und die —. S. 20.
— Spezielle — und Probleme des Atomkerns (Zuschr.). S. 206, 512.
— — und Probleme des Atomkerns. Entgegnung auf Herrn Smekals zusätzliche Bemerkungen zu seiner Notiz (Zuschr.). S. 812.
— Das Weltbild der — (Bespr.). S. 925.
Restitution und Vererbung (Bespr.). S. 626.
Rheinpfalz, Die Höhlen der —. S. 350.
Rhodan, freies, Darstellung und Eigenschaften des —. S. 286.
Rind, Die Dasselfliegen des — und ihre wirtschaftliche Bedeutung (E. Fritsche). S. 523.
Röntgenröhre, Die Entwicklungsgeschichte der — (Paul Knipping). S. 965.
Röntgenspektroskopie, Über die Grundlagen der — (Ernst Wagner). S. 973.
Röntgenstrahlen, Über die Bedeutung der — für die Erforschung des Atombaus (W. Kossel). S. 978.
— Zur Entdeckung der — vor fünfundzwanzig Jahren (W. Wien). S. 961.
— und Heilkunde (Max Levy-Dorn). S. 962.
— und Kristallographie (Friedrich Rinne). S. 971.
— Die K-Serie der —. S. 640.
— Metalluntersuchungen mittels —. S. 640.
— Mitteilungen aus dem Gebiete der —. S. 158.
Röntgenstrahlenphysik, Die Befruchtung der Chemie durch die — (Paul Pfeiffer). S. 984.
Röntgenstrahlinterferenzen, Über die Auffindung der — (Bespr.). S. 797.
Röntgentherapie, Über — in der inneren Medizin mit besonderer Berücksichtigung der Erzeugung und Verwertung von Sekundärstrahlen durch Einbringung von Eigenstrahlern in den Körper. S. 941.
Roscoe, Erinnerungen (Bespr.). S. 389.
Rossitten, Die Vogelwarte — (Deutsche Ornithologische Gesellschaft). S. 35.
Rotverschiebung der Spektrallinien zur Prüfung der Einsteinschen Gravitationstheorie. S. 177.
Roux, Wilhelm, zum siebzigsten Geburtstage (Dietrich Barfurth). S. 431.
— — und die Anatomie (H. Braus). S. 435.
— — als Experimentator (H. Speman). S. 443.
— — als Theoretiker (Hans Driesch). S. 446.
— — Übersicht der wichtigsten Publikationen (G. Wetzel). S. 457.
Rutherford, Betrachtungen zu — Versuchen über die Zerspaltbarkeit des Stickstoffkerns (W. Lenz). S. 181.
Sächsisches Staatsgebiet, Die magnetische Vermessung des — (Bespr.). S. 602.
Säugling, Die Insuffizienzkrankheiten des — (S. Samelson). S. 611.
Salpetersäure, Über die Reduktion der — in grünen Zellen (Otto Warburg). S. 594.
Salzgehaltmeßgeräte. S. 16.
Satellitenbahnen, Asymptotische — in der Nähe der Lagrangeschen Dreieckspunkte. S. 395.
Saturn, Die Helligkeit des Planeten —. S. 291.
Saturnring, Zur Theorie der Helligkeit des —. S. 586.
Sauerstoff, Flüssige Luft, —, Wasserstoff (Bespr.). S. 796.
Schädel, menschlicher, Der Metopismus am —. S. 176.
Schädelfund, Ein bemerkenswerter —. S. 328.
Schiefer, kristalline, Mechanische Probleme bei der Bildung — (O. H. Erdmannsdörffer). S. 340.
— — Metamorphose der — im Vordertaunus (Deutsche Geologische Gesellschaft zu Berlin). S. 1027.
Schiffsgeschwindigkeitsmesser. S. 257.
Schiffswiderstand und Ramuswirkung bei Stufenbooten. S. 1030.
Schilddrüsenhormon, Die Wirkungen des —. S. 890.
Schlammschichtung in Süßwasserseen. S. 711.
— Tiefenfauna und —. S. 712.
Schlesische Vögel, Bestandsveränderungen — (Deutsche Ornithologische Gesellschaft). S. 285.
Schmerznerven, Über die Frage der — (Alfred Goldscheider). S. 1.
Schneegrenzen und Vergletscherungsgrenze. S. 39.
Schußwirkung auf Beton und Eisenbeton. S. 411.
Schwammspinner, Keimdrüsentransplantationen beim —. S. 477.
Schwarzschildscher Vertex, Zur Frage des —. S. 316.
Schwedische geophysikalische Gesellschaft. S. 1048.
Schweiz, Elektrizitätsversorgung der — (Hans Roth). S. 271.
— Geologie der — (Bespr.). S. 810.
Sciroccobeobachtungen im südwestlichen Teile Palästinas. S. 77.
Sciroccos der Sinaiwüste. S. 499.
Seebälle, Über — (Bruno Schröder). S. 799.
Seefahrtsbeobachtungen von der Ostküste Afrikas. S. 907.
Segelflug, Studien über den — in Hoch-Guinea. S. 942.
Selbstentzündung der Kohlen. S. 310.
Selbstverstärkung, Der Vorgang der —. S. 330.
Selenio, Il — (Bespr.). S. 705.
Siebenstellige Werte der trigonometrischen Funktionen von Tausendstel zu Tausendstel des Grades (Bespr.). S. 74.
Sinaiwüste, Die Sciroccos der —. S. 499.
Sonnenfinsternis, totale, Die Ergebnisse der — vom 29. Mai und die Relativitätstheorie. S. 20.
Sonnenfinsternisexpedition, Der Bericht der — über die Ablenkung des Lichtes im Gravitationsfelde der Sonne (E. Freundlich). S. 667.
Sonnen- und Himmelsstrahlung, Physik der — (Bespr.). S. 600.
Spectral color, The relation between — and stimulation in the lower organism. S. 479.
Spektrallinien, Atombau und — (Bespr.). S. 423.
— Die Energieverteilung in den —. S. 354.
Spektroskopische Arbeiten Goldsteins, Über einige — (A. Sommerfeld). S. 723.
Spektrum, Die Grenzen der Sichtbarkeit des — in der Tierreihe (C. v. Heß). S. 197.
Spenglers „Untergang des Abendlandes", Die Mathematik und die Naturwissenschaften in — (P. Riebesell). S. 507.
Spiralnebel, Zur Bildung der —. S. 367.
— Die Stellung der kugelförmigen Sternhaufen und der — zu unserem Sternsystem. S. 368.

Spirillen, Die Bewegung und Beizbeantwortung der bipolar begeißelten —. S. 957.
Spitzbergen, Die Eisenerze —. S. 39.
S Sagittae, Neue spektroskopische Bahnelemente von — und SU Cygni. S. 539.
Stahl, Ernst, zum Gedächtnis (K. Goebel). S. 141.
Stahle, nichtrostende, Die hochlegierten Chromnickelstahle als — (B. Strauß). S. 812.
Statistische Mechanik, Über die Grundlagen der —. S. 709.
Statolithentheorie, Der heutige Stand der — des Geotropismus (H. v. Guttenberg). S. 571.
Staubexplosionen, Über —. S. 838.
Stein, Aurel — Forschungsreise im Lop-nor-Gebiet. S. 498.
Steinach, E., Verjüngung durch experimentelle Neubelebung der alternden Pubertätsdrüse von — (H. Stieve). S. 643.
Steinschlag, Über den im Hochgebirge bei — auftretenden Geruch (Zuschr.). S. 496.
Stellar clusters, Studies based on the colours and magnitudes in —. S. 516.
Sterblichkeit, Kriegs-, Kriegsjahre in Dänemark und in der Schweiz, verglichen mit Deutschlands —. S. 892.
Stern, Ein neuer —. S. 292.
Sterne, Auffindung zweier neuer —. S. 396.
— vom Typus R Coronae borealis. S. 40.
— 11. Größe, Über die Bewegung der —. S. 870.
Sternhaufen, Die — (J. Hopmann). S. 740.
— kugelförmige, Die Stellung der — und der Spiralnebel zu unserem Sternsystem. S. 368.
Sternwarte, Die neue Berliner — in Babelsberg (Bespr.). S. 72.
Stickstoff in Wirtschaft und Technik. S. 867.
Stickstoffkern, Betrachtungen zu Rutherfords Versuchen über die Zerspaltbarkeit des — (W. Lenz). S. 181.
Stickstoffnot, Die wahre Größe der —. S. 607.
Stillfried, Vorgeschichtliche Funde aus —. S. 329.
Stimulation, The relation between spectral color and — in the lower organism. S. 479.
Stötznersche Szetschwan-Expedition. S. 112.
Stoffwechsel, pflanzlicher und tierischer, Die biogenen Amine und ihre Bedeutung für die Physiologie und Pathologie des — (Bespr.). S. 659.
Strahl, Über die Ablenkung eines außerhalb des Prismenhauptschnittes verlaufenden —. S. 58.
Strahlung, Theorie der — und der Quanten (Bespr.). S. 635.
Streptococcus haemolyticus, Das Schicksal des — im Magendarmkanal. S. 891.
Stufenboote, Schiffswiderstand und Ramuswirkung bei —. S. 1030.
SU Cygni, Neue spektroskopishe Bahnelemente von S Sagittae und —. S. 539.
Südamerika, Tiergeographische Strandbeobachtungen von der Westküste —. S. 286.
Südpol, Die englische Flugzeugexpedition zum —. S. 312.
Südwest-Angola. Beobachtungen in — und im Ambolande (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 37.
Süßwasserseen, Die Besiedelung der Tiefe von —. S. 712.
Sukkulenten, Über die Biologie der —. S. 395.
Sulfitablauge als Düngemittel. S. 925.
Symbiose bei Bakterien (E. G. Pringsheim). S. 101.
Szetschwan-Expedition, Die Stötznersche —. S. 112.

Tamman, G., Die neuen Forschungen — über Mischkristalle (W. Fraenkel). S. 161.
Tauchboot, Ein vergessenes — (Zuschr.). S. 364.
Technische Mitteilungen. S. 407, 604.
Technisches Denken und Schaffen (Bespr.). S. 657.
Teerfarbenfabrikation, Die Zwischenprodukte der — (Bespr.). S. 1006.
Telephongespräche, Das Kryptophon, ein Mittel zur Geheimhaltung von —. S. 38.
Temperatur, Der tägliche Gang des Luftdruckes und der — in der freien Atmosphäre. S. 78.
Temperaturen, hohe, Thermoelemente ohne Platin zur Messung —. S. 412.
Terrestrial Magnetic Variations and their Connection with Solar Emissions which are Absorbed in the Earth's Outer Atmosphere. S. 499.
Therapie, experimentelle, Einführung in die — (Bespr.). S. 833.
Thermodynamische Eigenschaften, Die Definition des Lebewesens auf Grund seiner — und die daraus folgenden biologischen Grundprinzipien (Erwin Bauer). S. 338. — (Zuschr.). S. 581.
Thermoelemente ohne Platin zur Messung hoher Temperaturen. S. 412.
Thermooszillator. S. 58.
Thermotropismus, Untersuchungen über den — der Pflanzen. S. 76.
Tibet, Entwicklung des Kartenbildes von — und Ostturkistan (Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin). S. 536.
Tiefenfauna und Schlammschichtung. S. 712.
Tiergeographische Strandbeobachtungen von der Westküste Südamerikas. S. 286.
Tierkreislicht, Ein bemerkenswerter Fall von —. S. 666.
Tierreihe, Die Grenzen der Sichtbarkeit des Spektrums in der — (C. v. Hess). S. 197.
Tierwelt, Charakteristische Elemente der — des Oberrheins. S. 96.
Tod, Das Problem des — und der Unsterblichkeit bei den Pflanzen und Tieren (Bespr.). S. 637.
Todesfälle, Erkrankungen und — unter der Bevölkerung in Wolhynien und Polen im Gebiete des Bug und Pripet. S. 113.
Totalreflexion, Die Grenze der —. S. 77.
Traité de la lumière (Bespr.). S. 657.
Transpirationsverhältnisse, Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Wasserleitungsbahn und — bei Helianthus annuus. S. 663.
Triaszeit, Das Leben im Connecticuttale zur —. S. 1028.
Trigonometrie, sphärische, Über die Formeln der —. S. 315.
Trigonometrische Funktionen, Siebenstellige Werte der — von Tausendstel zu Tausendstel des Grades (Bespr.). S. 74.
Tromben, Über Luftspiegelungen und — im Hochlande von Bolivien. S. 111.
Tuberkulose, menschliche, Die Bedeutung der Kaltblütertuberkulose für die Behandlung der — (H. v. Hayek). S. 587.
Tuberkuloseproblem (Bespr.). S. 1043.
Überspannungen, Die Verwertung der Glimmwirkung elektrischer Leiter zum Schutze gegen —. S. 410.
U Geminorum-Typus, Ein neuer Vertreter des seltenen —. S. 292.

Ultraviolettes Spektrum, Eine bedeutsame Erweiterung des — nach kurzen Wellenlängen hin. S. 866.
Ultrastrukturchemie (Bespr.). S. 424.
Unsterblichkeit, Das Problem des Todes und der — bei den Pflanzen und Tieren (Bespr.). S. 637.
— biologische, Einzeltod, Völkertod, — (Bespr.). S. 512.
Unterwasserschalltechnik, Die moderne Entwicklung der — in Deutschland (W. Hahnemann und H. Lichte). S. 871.
Urteilslehre, Logik, Grundzüge einer kritischen und normalen — (Bespr.). S. 74.
Variabilität und Erblichkeit. S. 480.
Vaucheria, Künstliche haploide Parthenogenese bei — und die geschlechtliche Tendenz der Keimzellen gemischtgeschlechtlicher Pflanzen. S. 1046.
Venus, Beobachtung sehr heller Polarflecke des Planeten —. S. 292.
Veränderliche, Nachrichten über verschiedene —. S. 396.
Veränderliche Sterne, Die Hauptphasen — berechnet mit Pogsons schneidender Kurve. S. 316.
Verbrennungsvorgang in der Ölmaschine. S. 867.
Vererbung, Restitution und — (Bespr.). S. 626.
Vergletscherungsgrenze, Schneegrenzen und —. S. 39.
Verjüngung durch experimentelle Neubelebung der alternden Pubertätsdrüse von E. Steinach (H. Stieve). S. 643.
— Der Nachweis der — (A. Pütter). S. 948.
Veröffentlichungen von Otto Bütschli (Clara Hamburger). S. 567.
— Verzeichnis der — Goldsteins (Otto Reichenheim). S. 719.
Verschiebungsregel, Über die Anwendung der — auf gleichzeitig α- und β-Strahlen aussendende Substanzen. S. 710.
Verwitterung der Kohle. S. 406.
Viscosity of the earth. S. 641.
Vitaminpräparat, Die Darstellung eines beständigen — und sein Wert bei der Ernährung. S. 749.
Völkerkunde, Die Entwicklung der — von ihren Anfängen bis in die Neuzeit. S. 926.
Völkertod, Einzeltod, —, biologische Unsterblichkeit (Bespr.). S. 512.
Vogelfauna, Beiträge zur — der Mark Brandenburg. S. 331.
Vogellieder, Über die Entwickelung der artlich verschiedenen — (Fritz Braun). S. 804.
Vogelzug, Wetterdienststellen für Beobachtungen des — (Deutsche Ornithologische Gesellschaft). S. 37.
Vogesen, mittlere, Über die Gebirgswinde in den —. S. 78.
Vorgänge und Zustände und ihre Ableitung auseinander (Hans Petersen). S. 943.
Vorgeschichtliche Funde aus Stillfried. S. 329.
Vorticellide (Systylis Hoffi), Über eine neue —. S. 97.
Vorzeitformen der deutschen Mittelgebirgslandschaften. S. 114.
Vulkan-Katastrophe des Kloet auf Java. S. 39.
Wabentheorie, Otto Bütschlis — (L. Rhumbler). S. 549.
Wachstums- und Lösungsvorgang, Zur Theorie des — kristalliner Materie (Bespr.). S. 534.
Wachstumsgesetz (A. Pütter). S. 402.
Wachstumskurven, Über Form und Darstellung der —. S. 1047.
Wachstumsmedium, Die Beeinflussung unterirdisch wachsender Organe durch den mechanischen Widerstand des —. S. 662.
Wärmeäquivalent, mechanisches, Über den Wert des —. S. 78.
Wärmeregulation, Die — im menschlichen Körper (Hans Horst Meyer). S. 751.
Wärmetabellen (Bespr.). S. 427.
Wahrscheinlichkeitsrechnung, Philosophische Kritik der — (Hans Reichenbach). S. 146.
— Die physikalischen Voraussetzungen der — (Hans Reichenbach). S. 46.
Waldbäume, Die Krankheiten unserer — und wichtigsten Gartengehölze (Bespr.). S. 57.
Walenseegebiet, Die Vegetation des — (Bespr.). S. 57.
Walfischblut, Eine chemische Studie über das —. S. 749.
Wanderfalke, Die Gewohnheit des —, im Fluge zu jagen (Deutsche Ornithologische Gesellschaft). S. 35.
Wasserstoff, Flüssige Luft, Sauerstoff, — (Bespr.). S. 796.
Webersches Gesetz in der Pflanzenphysiologie. S. 478.
— — Über psychische Gesetzmäßigkeit, insbesondere über das — (Bespr.). S. 656.
Weinbau, badischer, Die Zukunft des —. S. 394.
Weltbild, physikalisches, Über die zwingende und eindeutige Bestimmtheit des — (J. v. Kries). S. 237.
Westpatagonien (Bespr.). S. 281.
Wetterdienst und Funkentelegraphie (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 134.
Wetterdienststellen für Beobachtungen des Vogelzuges (Deutsche Ornithologische Gesellschaft). S. 37.
Wetterkundliche Lehrfilme. S. 77.
Wildmarkierung, Die biologischen Ergebnisse der — (Karl Eckstein). S. 681.
Wind, Über den Einfluß des — auf die Gezeiten, mit besonderer Berücksichtigung Wilhelmshavens und der Deutschen Bucht. S. 17.
— Der Einfluß des — im Luftverkehr (E. Everling). S. 418.
Wirbellose, Eine chemische Studie über das Blut verschiedener —. S. 749.
Wirbeltheorie, Die Helmholtzsche — für Ingenieure (Bespr.). S. 390.
Wirbeltieraugen, Das Schema der —. S. 476.
Wirbeltiere, Die Stämme der — (Bespr.). S. 283.
Wirtschaftsgeographie, Zur — Italiens. S. 57.
Wörterbuch, Botanisches — (Bespr.). S. 852.
— Zoologisches — (Bespr.). S. 832.
Wolfram, Das Reflexionsvermögen von — bei Glühtemperaturen. S. 355.
Wolkenauflösung durch ein Flugzeug. S. 356.
Zeemaneffekt, Ein Zahlenmysterium in der Theorie des — (A. Sommerfeld). S. 61.
Zeitalter, Zwischen zwei — (Victor Goldschmidt). S. 691.
Zeiten, kurze, Die Messung sehr —. S. 710.
Zelle, Morphologische und physiologische Analyse der — der Pflanzen und Tiere (Bespr.). S. 889.
— Die künstliche —. S. 1047.

Zellstruktur, Geschlecht und — (S. Gutherz). S. 878.
Zellteilungen in Elodeablättern nach Plasmolyse. S. 307.
Zeolithe, Die Frage nach der Hydratnatur der —. S. 259.
Zerfallskonstante, Über die Beziehungen zwischen — und Reichweite und den Bau des Atomkerns (Zuschr.). S. 207.
Zimmerpflanzen, Über die Erkrankung der —. S. 59.
Zoologie, experimentelle, Richard Hertwig und die — (Richard Goldschmidt). S. 771.
Richard Hertwigs Lehrbuch der — (K. v. Frisch). S. 782.
Lehrbuch der — für Studierende (Bespr.). S. 623.
— Das Polarisationsmikroskop in der — (W. J. Schmidt). S. 783.
Zoologische Mitteilungen. S. 96, 476.
Zoologisches Praktikum, Richard Hertwigs Kleines — (Otto Koehler). S. 780.
— Wörterbuch (Bespr.). S. 832.
Zostera marina L., Das Wachstum der —. S. 1046.
Zufallstheorie, Eine Erneuerung der Darwinschen — (Hermann Kranichfeld). S. 397.
Zustände, Vorgänge und — und ihre Ableitung auseinander (Hans Petersen). S. 943.
Zwang, Drang und — (Bespr.). S. 633.
Zwischenstufen bei der chemischen Umwandlung (Eduard Färber). S. 322. — (Zuschr.). S. 497.
Zyklone, Bau und Mechanik der — und Antizyklonen und ihre Beziehungen zum allgemeinen Kreislauf der Atmosphäre (Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Berliner Zweigverein). S. 536.
Zyklostomen, Über die Hornzähne der — und ihre phylogenetische Bedeutung. S. 477.

Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Vor kurzem erschien:

Das Problem der Entwicklung unseres Planetensystems

Eine kritische Studie von **Dr. Friedrich Nölke**

Zweite, völlig umgearbeitete Auflage

Mit einem Geleitwort von **Dr. H. Jung,** o. Professor der Mathematik an der Universität Kiel

Mit 16 Textfiguren — Preis M. 28.—

Inhaltsübersicht:

I. Allgemeiner Plan der Untersuchung. II. Das widerstehende Mittel. — Das Mittel gehört zum Sonnensystem; seine Teilchen haben keine bevorzugte Bewegungsrichtung. — Das Mittel gehört zum Sonnensystem; die Teilchen haben eine bevorzugte Bewegungsrichtung. — Die Sonne durchschreitet das Mittel.

Analytischer Teil

A. Geschlossenes System

1. Erzwungene Entwicklung. I. Die Entwicklung der Sonne und der Planeten. — Die Neigungen der Planetenbahnen. — Die Exzentrizitäten der Planetenbahnen. — Die Rotation der Planeten. II. Die Entwicklung der Monde. — Die Neigungen der Mondbahnen. — Die Exzentrizitäten der Mondbahnen. — Rechtläufigkeit der Monde. III. Die Entwicklung der Kometen. IV. Das Zodiakallicht.

2. Spontane Entwicklung. I. Die Entwicklung der Sonne und der Planeten. — Die Hypothese von Laplace. — Die Hypothese von Birkeland. — Die Hypothese von Faye. — Die Hypothese von Kant und Ligondès. II. Die Entwicklung der Monde. — Die Hypothese von Laplace. — Die Hypothese von Kant und See. III. Die Entwicklung der Kometen und des Zodiakallichtes.

B. Offenes System

I. Sonne und Stern. — Die Hypothese von Chamberlin-Moulton. — Die Hypothese von Arrhenius. — Die Hypothese von Hörbiger-Fauth (Glazialkosmogonie). II. Sonne und Nebel. III. Sonnennebel und Stern. IV. Sonnennebel und Nebel. — Die Hypothese von Belot. — Rückblick.

Synthetischer Teil

I. Die physische Konstitution der kosmischen Nebel. II. Die Entwicklung der Sonne und der Planeten. — Geschlossenes System. — Offenes System. III. Die Entwicklung der Monde.

1. Die regulären Monde. — Die physikalischen Verhältnisse der Planeten zur Zeit der Entwicklung der Monde. — Die Entwicklung der regulären Monde. — Besondere Fälle.

2. Die irregulären Monde. IV. Die Entwicklung der Kometen. — Mittel mit frei beweglichen Teilchen. — Mittel mit relativ ruhenden Teilchen. V. Das Zodiakallicht. — Rückblick. — Schluß.

Früher erschien:

Tafeln und Formeln aus Astronomie und Geodäsie

für die Hand des Forschungsreisenden, Geographen, Astronomen und Geodäten

Von Dr. **Carl Wirtz,** Universitätsprofessor in Straßburg i. E.

1918. Gebunden Preis M. 18.—

Das vorliegende Tafelwerk, ein handlicher, sehr dauerhaft gebundener, typographisch vortrefflich ausgestatteter Band, besitzt neben hinreichender Genauigkeit — die allgemeine Grenze ist die fünfstellige logarithmische Rechnung — den sehr schätzenswerten Vorzug der Vielseitigkeit. Es vereinigt den Stoff einer Reihe getrennter Tafelwerke in einem einzigen Buche; gleichwohl genügt es den meisten Anforderungen des beobachtenden und rechnenden Astronomen, Geodäten, Geographen und, wie wir hinzufügen wollen, Meteorologen. Es wird ohne Zweifel nicht nur dem Fachmann und Studierenden willkommene Dienste leisten, sondern auch so manchem Liebhaber der Wissenschaften sehr bald ein unentbehrlicher, durchaus zuverlässiger Führer werden. In seinem ersten Teil enthält das Werk Tafeln zur mathematischen Geographie und Ortsbestimmung, im zweiten Teile Tafeln zur theoretischen Astronomie, im dritten Teile Formeln.

(Astronomische Zeitschrift, H. 12, 1918)

Hierzu Teuerungszuschläge

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Praktikum der quantitativen anorganischen Analyse von **Alfred Stock** und **Arthur Stähler.** Dritte, durchgesehene Auflage. Mit 36 Textfiguren. 1920. Preis M. 16.—

Ultra-Strukturchemie. Ein leichtverständlicher Bericht von **Alfred Stock.** Zweite, durchgesehene Auflage. Mit 17 Textabbildungen. 1920. Preis M. 12.—

Die Chemie der natürlichen Gerbstoffe. Von Prof. Dr. **Karl Freudenberg,** Privatdozent an der Universität Kiel. 1920. Preis M. 22.—

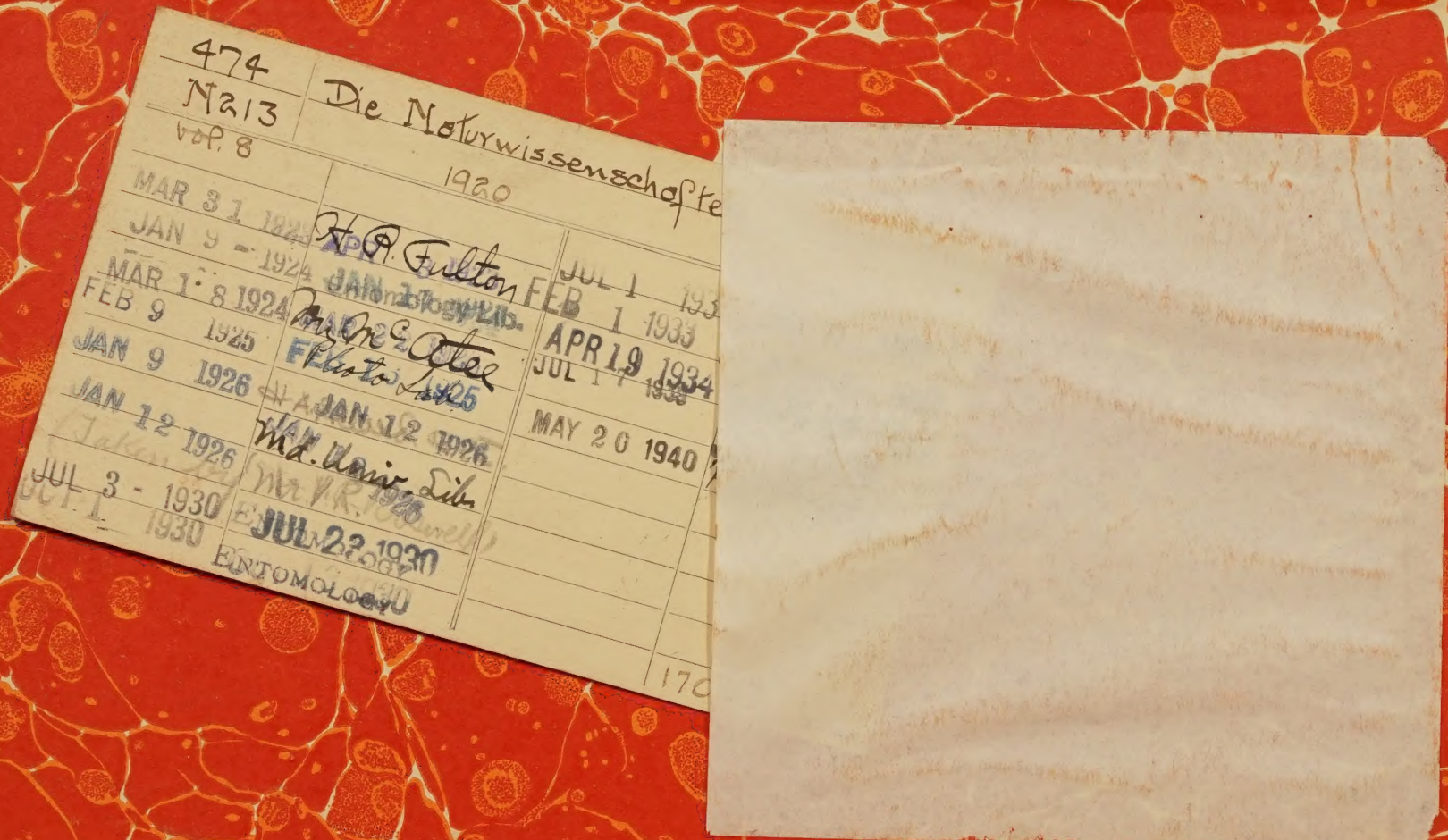
Technologie der Textilveredelung. Von Dr. **Paul Heermann,** Professor, Abteilungsvorsteher der Textil-Abteilung am Staatlichen Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem. Mit 178 Textfiguren und einer Farbentafel. 1921.
Gebunden Preis M. 120.— (ohne Zuschlag)

Enzyklopädie der Küpenfarbstoffe. Ihre Literatur, Darstellungsweisen, Zusammensetzung, Eigenschaften in Substanz und auf der Faser. Von Dr.-Ing. **Hans Trattwin.** Unter Mitwirkung von Dr. R. Hauschka-Wien. 1920.
Preis M. 130.— (ohne Zuschlag)

Die Wirkungen von Gift- und Arzneistoffen. Vorlesungen für Chemiker und Pharmazeuten. Von Professor Dr. med. **Ernst Frey,** Marburg an der Lahn. Mit 9 Textabbildungen. 1921. Preis M. 26.—; gebunden M. 33.— (ohne Zuschlag)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Verantwortlich für den Anzeigenteil Ch. Lemke, Berlin W. — Druck von H. S. Hermann & Co., Berlin SW 19, Beuthstraße 8


474
N213
vol. 8
Die Naturwissenschafte
1920
MAR 31 1924
JAN 9 - 1924
MAR 18 1924
FEB 9 1925
JAN 9 1926
JAN 12 1926
JUL 3 - 1930
OCT 1 1930
JAN 12 1926
JUL 22 1930
ENTOMOLOGY
JUL 1 1933
FEB 1 1933
APR 19 1934
MAY 20 1940